Au nord du 60e

Étude environnementale nº 4

Construction et exploitation des routes d'hiver au Canada et en Alaska

Étude environnementale nº 4

Construction et exploitation des routes d'hiver au Canada et en Alaska

Kenneth M. Adam, Ph.D., Ing.P.
Templeton Engineering Company.

Publié avec l'autorisation de
l'hon. J. Hugh Faulkner,
ministre des Affaires indiennes et du Nord,
Ottawa, 1979
QS-8162-000-FF-A1

©Ministre des Approvisionnements et
Services Canada 1979
Nº de catalogue: R71-19/4-1978F
ISBN-0-662-01515-0

Le présent rapport a été préparé en vertu d'un contrat pour la Division de l'environnement de la Direction de la protection de l'environnement et des ressources renouvelables dans le Nord, du ministère des Affaires indiennes et du Nord. Les opinions, conclusions et recommandations contenues dans ce rapport sont celles de l'auteur et ne représentent pas nécessairement le point de vue du Ministère.

This publication is also available in English.

Remerciements

L'auteur tient à remercier MM. Lorne Gold, Robert Frederking, Anthony Yarranton qui ont révisé le manuel et lui ont fourni de nombreuses suggestions très utiles. Une mention toute spéciale va à MM. Derek Martin et Michael Kowlachuk qui ont aidé l'auteur à organiser et à réaliser des interviews avec le personnel des routes d'hiver; à M. Norman Emslie qui, à sa collaboration aux interviews, a ajouté la rédaction de plusieurs parties de ce manuel; à M. Mike Fedak, auteur des cartes et des schémas, ainsi qu'à Darlene Boisclair qui a dactylographié le manuscrit; à M. Martin Gerrard responsable de la préparation et de la publication de ce manuel.

L'auteur remercie également tous les membres de l'industrie et du gouvernement au Canada et en Alaska qui ont accepté avec tant d'empressement de partager leurs connaissances et leurs expériences de travail relatives aux routes d'hiver. La liste des personnes rencontrées ou interviewées est tellement longue qu'il a fallu en faire une annexe.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Remerciements	ii
INTRODUCTION	i
Aménagement des routes d'hiver	2
Régions pergélisolées et régions non-pergélisolées	4
Catégories de routes d'hiver	5
Section 1: Construction et exploitation des routes d'hiver	
SENTIERS D'HIVER	7
Sentiers temporaires d'hiver	9
Choix du tracé de la route	9
Construction	11
Exploitation et entretien	13
Fermeture	16
Sentiers permanents d'hiver	19
Choix du tracé de la route	19
Construction	20
Exploitation et entretien	23
Fermeture	23
ROUTES SUR LA NEIGE	25
Routes de neige tassée	27
Choix du tracé de la route	27
Construction	27
Exploitation et entretien	31
Fermeture	34
Routes de neige traitée	37
Choix du tracé de la route	37
Construction	37
Exploitation et entretien	39
Fermeture	39
Routes de neige recouvertes de glace	41
Choix du tracé de la route	41
Construction	41
Exploitation et entretien	44
Fermeture	44
Routes de neige fabriquée mécaniquement	47
Choix du tracé de la route	47
Construction	47
Exploitation et entretien	48
Fermeture	49

ROUTES DE GLACE 51

Routes de glace solide 53
Choix du tracé de la route 53
Construction 53
Exploitation et entretien. 53
Fermeture 57

Routes de granulats de glace 59
Choix du tracé de la route 59
Construction 60
Exploitation et entretien. 61
Fermeture 61

Routes d'hiver sur la glace 63
Choix du tracé de la route 63
Construction 64
Exploitation 64
Entretien 71
Fermeture 71

Ponts de glace 73
Choix de l'emplacement 73
Construction 74
Exploitation 76
Entretien 79
Fermeture 79

2e partie: Planification des routes d'hiver

GUIDE DE PLANIFICATION 81

Choix du tracé initial 81
Climat 81
Catégorie de route 82
Reconnaissance du terrain 83
Essartage 84
Choix détaillé du tracé 84
Construction, exploitation et entretien. 85
Coûts 85
Plans d'imprévu. 88

PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT 91

Protection de l'environnement - le probleme 91
Choix du tracé initial 92
Catégorie de route 92
Choix détaillé du tracé 92
Essartage 94
Construction 94
Exploitation et entretien. 96

ILLUSTRATION DE LA PLANIFICATION D'UNE ROUTE D'HIVER. . 99

Choix du tracé initial 99
Protection de l'environnement 101
Catégorie de route 102
Climat 102
Choix du tracé 104
Reconnaissance du terrain 104
Phases de la construction 105
Vérifications préliminaires à la construction et plans d'imprévus. 105

3e partie: Expérience de la construction des routes d'hiver au Canada et en Alaska

COLOMBIE-BRITANNIQUE 109
Routes utilisées par l'industrie des pâtes et papier 109
Traversée de la rivière Fraser et du lac Williston 112

ALBERTA 114

SASKATCHEWAN. 117
Route du lac Wollaston 117
Route d'Uranium City 121
Autres routes d'hiver de la Saskatchewan. 125

MANITOBA 129

ONTARIO 134
Routes d'hiver utilisées par Reed Ltd. 134
Routes d'hiver destinées à Spruce Falls Power and Paper 135
Routes d'hiver destinées à l'Abitibi Paper Co. Ltd.. 139
Routes d'hiver destinées à la Kimberley-Clark of Canada Ltd.. . 140
Routes d'hiver destinées à la Cie M.J. Labelle Limitée 141

QUÉBEC. 143
Routes d'hiver destinées à la Domtar Woodlands Ltd.. 143
Routes d'hiver destinées à la Consolidated-Bathurst Ltd. 143
Routes d'hiver se rendant à la baie James 145
Routes d'hiver destinées à Desourdy Construction Ltd. 146

MARITIMES ET LABRADOR 150
Nouveau-Brunswick 150
Terre-Neuve 151
Labrador. 152

TERRITOIRES DU NORD-OUEST 153
Routes d'hiver du delta de MacKenzie 153
Routes d'hiver de la région de Yellowknife 154
Pistes utilisées pour l'exploration séismique. 156

Routes d'hiver dans les îles de l'Arctique 158
Étude pour la route d'hiver de Norman Wells 160
Étude sur la route de neige d'Inuvik 164

TERRITOIRE DU YUKON 167
Route de la rivière Wind 167
Pont de glace Dawson 170

ALASKA. 172
Route Hickel 172
Routes d'hiver de l'Alaska utilisées pour la construction du pipeline 173

COMMENTAIRES SUR LES ENTREVUES. 179

BIBLIOGRAPHIE 181

AUTRES LECTURES 183

ANNEXES

1. Cartes. 194
2. Capacité de résistance de la glace. 198
3. Propriétés et transformations de la neige. 200
4. Équipement de vérification des routes d'hiver 204
5. Sécurité, survie et récupération de l'équipement. 208
6. Personnes rencontrées ou interviewées. 212

INTRODUCTION

Ce manuel constitue une synthèse des méthodes utilisées dans la construction et dans l'exploitation des routes d'hiver. Basé sur la documentation et sur les méthodes utilisées actuellement en Alaska et au Canada, il a été rédigé à l'intention de ceux qui travaillent dans le domaine des routes d'hiver, qu'il s'agisse de concepteurs, de recherchistes, de planificateurs, de constructeurs, de chauffeurs ou d'inspecteurs.

Ce manuel se divise en trois parties. La première partie traite de la construction des routes d'hiver en général: tracé de la route, construction, utilisation, entretien et fermeture. On y trouve des chapitres sur les procédés, les méthodes et le matériel relatifs à la construction des routes et des sentiers sur la neige et sur la glace. Dans la deuxième partie du manuel, on retrouve des conseils et des suggestions et entre autres, des plans en cas d'imprévu ainsi que des exemples à l'intention de ceux qui travaillent à la planification des routes d'hiver de quelque façon que se soit. La troisième partie condense les renseignements réunis à la suite des entrevues avec des habitants de l'Alaska et du Canada qui ont une expérience pratique des routes d'hiver. Cette partie du manuel fourmille de suggestions et d'idées pratiques ayant trait aux descriptions de routes et de sentiers construits au Canada et en Alaska.

Les renseignements, présentés de façon à être facilement compris par les personnes qui n'ont aucune expérience des routes d'hiver, sont toutefois assez complets pour satisfaire les constructeurs et les exploiteurs de routes d'hiver plus expérimentés. Les lecteurs qui désirent plus de détails sur la conception et la recherche en génie relatives aux routes d'hiver trouveront à la fin du manuel des sources de renseignements plus techniques dans la partie intitulée "Ouvrages consultés".

Les textes ont été placés de façon à ce que la plupart du temps, le lecteur puisse lire d'un trait la matière se rapportant à une catégorie de routes d'hiver sans avoir à consulter les autres parties. Toutefois, il a été impossible d'éviter un certain chevauchement puisque plusieurs des méthodes utilisées s'appliquent à plus d'une catégorie de routes. Afin d'éviter de trop nombreuses répétitions, on refère les lecteurs aux sections précédentes dans les cas où l'ensemble du procédé est le même.

Récemment, on a proposé la construction de routes d'hiver pour parer à la fragilité de certains terrains durant la construction du pipeline. Il a donc fallu faire des recherches très poussées sur différentes catégories de routes construites sur la glace et sur la neige. On a maintenant déterminé l'efficacité de ces routes spéciales sur terrain fragile pendant la construction du pipeline du Nord. Par exemple, dans le cadre du projet du pipeline Alyeska, on a construit de courts tronçons du pipeline à partir de routes construites sur la neige. Malgré l'importance de ces catégories spéciales de routes, les sentiers d'hiver représentent toujours le genre de routes les plus utilisées, soit plus de 90% de toutes les routes d'hiver construites au Canada. Les sentiers

d'hiver constituent aussi la catégorie de routes la moins coûteuse à construire, ils coûtent environ le quart du prix des routes sur la neige et le vingtième du prix des routes de granulats de glace, qui sont la nouvelle catégorie de routes d'hiver. Mais en ce qui a trait à la protection de l'environnement, les sentiers d'hiver occupent le dernier rang. C'est pour cette raison et aussi à cause de la mode qui est à la protection de l'environnement, tout particulièrement dans le Nord où les routes d'hiver devront être construites et auront un rôle si important à jouer lors de la construction des pipelines, qu'on a étudié les routes sur la neige et sur la glace avec autant de minutie que les sentiers d'hiver. C'est aussi pour ces raisons que le présent manuel traite de façon spéciale des méthodes de construction qui respectent la protection de l'environnement dans les secteurs pergélisolés.

Le personnel travaillant aux routes d'hiver interviewé pour les besoins du présent manuel n'utilise que le système de mesure britannique pour parler d'épaisseur de glace, de vitesse des camions, de poids net des véhicules, de pression d'air dans les pneus, de largeur de l'emprise et ainsi de suite. C'est pour cette raison que dans le texte les mesures sont d'abord indiquées en mesure britannique, et qu'elles sont suivies entre parenthèse des équivalents métriques arrondis, la plupart du temps, afin de faciliter la compréhension.

Les idées exprimées lors des entrevues représentent généralement l'opinion des personnes interviewées et elles ne correspondent pas nécessairement à nos propres vues et opinions.

Aménagement des routes d'hiver

La méthode qui consiste à tasser la neige pour faciliter les déplacements en hiver est naturelle et est empruntée probablement aux animaux. C'est sans doute pour cette raison qu'il y a des milliers d'années, les caribous circulaient en file indienne dans le neige profonde lors de leur migration. Même l'homme a adopté cette formation lors de ses déplacements d'hiver au début de l'histoire canadienne. En 1813, le 104^{e} régiment du Nouveau-Brunswick a voyagé dans la neige pour défendre le Haut-Canada contre une attaque. Chaque soldat battait la piste chacun son tour, après quoi il se rangeait le long de la piste, enlevait ses raquettes et se reposait pendant que les autres passaient. Puis il continuait sa marche sur une piste battue, jusqu'à ce que son tour revienne.

Aujourd'hui, les pistes d'hiver sont semblables aux sentiers battus qu'utilisaient les soldats sauf que le neige est tassée à l'aide de véhicules et que souvent l'emprise a près de 30 pieds (10 mètres) de large. On retrouve de tels sentiers dans la plupart des régions du Canada où le gel pénètre le sol assez profondément pour donner une base solide.

Parce que les sentiers d'hiver peuvent être aménagés de façon naturelle et qu'ils s'améliorent à l'usage, leur principal avantage est qu'on peut les prolonger rapidement à un coût minimal et avec le minimum de matériel. Souvent, un tracteur suffit pour tracer ces routes.

Les sentiers d'hiver ont le désavantage de n'être pas aussi acceptables au point de vue environnement que d'autres catégories de routes

d'hiver car ils offrent une protection minimale du terrain et on n'arrive que très rarement à se débarrasser adéquatement des abattis de l'essartage.

L'industrie de l'exploitation forestière fut parmi les premières à utiliser les sentiers d'hiver pour le halage des billes à l'aide de chevaux. Encore aujourd'hui, cette industrie utilise ce genre de sentiers ainsi que les autres routes d'hiver pour le transport des billes par camion.

Il y a très peu de différences entre les sentiers d'hiver et la dernière catégorie de route sur la neige, la route de neige tassée. La seule différence étant que sur les sentiers d'hiver, la neige est tassée au fur et à mesure par les véhicules qui y circulent. Dans le cas d'une route de neige tassée, avant d'ouvrir cette route à la circulation, on construit d'abord une surface solide, soit en y faisant circuler un rouleur compresseur ou en tirant un traîneau sur le neige.

L'industrie de l'exploitation forestière fut aussi une des premières à aménager des routes recouvertes de glace sur la neige tassée. Lorsque les chevaux étaient utilisés pour le halage des billes, il arrivait fréquemment que la neige soit tassée sur place puis recouverte d'eau afin de former un genre d'ornière; il s'agissait là d'une méthode locale de revêtement des routes de glace.

Les études sur l'aménagement actuel des routes sur la neige furent d'abord entreprises par nos alliés militaires après la deuxième guerre mondiale. Des renseignements provenant des services secrets nous montrent que dès 1943, les Allemands avaient déjà conçu des draglines et des rouleaux compresseurs pour tasser les routes d'hiver. C'est au plus tard à la fin de 1946 qu'on a découvert les avantages de la méthode qui consiste à agiter la neige avant de la tasser, quoique l'on ne connaissait pas encore la méthode qui consiste à laisser la route durcir un peu ou "travailler" avant d'y circuler. En 1953, les militaires ont terminé des essais poussés sur le traitement et sur le recouvrement de glace des routes sur la neige.

Les routes sur la neige présentent de nombreux avantages. La neige qui, en hiver, empêche souvent les déplacements, est utilisée comme matériau de remplissage et elle sert à éliminer les inégalités de terrain. Elle peut aussi améliorer le tracé vertical en l'utilisant comme remplissage et offrir une meilleure protection contre l'amoncellement comme matériau dans le nivellement en terrasse. De telles améliorations de la qualité des routes permettent des vitesses de déplacement plus grandes. Dans la mesure de la réussite du tassement (ou du traitement et du tassement), on peut faire circuler sur les routes de neige des camions lourdement chargés et roulant sur pneus à haute pression. On peut encore améliorer la qualité des routes de neige en utilisant de l'eau pour les recouvrir de glace.

Les premiers essais de construction de routes sur la neige à partir de neige fabriquée mécaniquement ont été réalisés en 1974, à Inuvik, dans les Territoires du Nord-Ouest, par la Canadian Arctic Gas. Puis en 1975-1976, on s'est servi aussi de neige fabriquée mécaniquement pour construire une route qui a été utilisée lors de la construction de deux courts tronçons du pipeline Alyeska.

Introduction

Les routes sur la neige offrent comme principal avantage une plus grande protection au terrain que ne le font les sentiers d'hiver. Leur coût élevé est le principal inconvénient. La construction de ces routes requiert plus d'équipement, de main-d'oeuvre et de temps que celle des sentiers d'hiver.

Les routes de glace aménagées sur les lacs et sur les rivières gelés ont été beaucoup plus utilisées dans la passé mais récemment, on s'en est beaucoup moins servi. Toutefois, le concept de construction de routes de glace solide sur terre est relativement nouveau. Les routes de glace ont été utilisées comme routes d'approvisionnement pour les camps de forage dans les régions arctiques où la neige manquait. Elles ont l'avantage de pouvoir être construites sans neige et, elles fournissent une surface solide, unie sur laquelle on peut circuler à grande vitesse. Cependant, elles coûtent très cher à construire car on doit utiliser du matériel spécialisé et une plus grande main-d'oeuvre. L'on s'inquiète, cependant, au sujet de l'utilisation de l'eau pour construire des routes dans certaines régions à faible teneur en eau comme il arrive parfois l'hiver dans l'Arctique où l'assèchement pourrait affecter l'hivernage des poissons.

Les routes d'hiver construites à l'aide de granulats de glace constituent la plus récente catégorie de routes d'hiver, routes qui furent mises à l'essai par l'Alaskan Arctic Gas Pipeline Company, en 1976-77. On utilise de la glace concassée comme matériau de remplissage. On n'a pas encore utilisé cette catégorie de routes dans la pratique quoiqu'elles semblent avoir un avenir promoteur pour des utilisations spécialisées.

Toutes les catégories de routes d'hiver comportent l'avantage de disparaître d'elles-mêmes au printemps et par ce fait ne permettent qu'un accès limité. Il n'est pas nécessaire de détruire le caractère sauvage d'un secteur pour y avoir accès par une route d'hiver, surtout lorsqu'on ne fait pas ou à peu près pas d'essartage. On retrouve le plus bel exemple de cet avantage dans les régions de la toundra.

Régions pergélisolées et régions non-pergélisolées

Le pergélisol est une expression utilisée pour décrire tout terrain qui demeure à une température inférieure à 32°F (0°C) pendant au moins une année. Cette expression n'a absolument rien à voir avec le type de terrain et elle s'applique également au roc solide, aux sables et aux graviers gelés.

Au Canada, dans le contexte de la construction et de l'exploitation des routes d'hiver, on considère comme régions pergélisolées les secteurs dans lesquels le pergélisol est très répandu ou omniprésent (voir schéma 1, annexe 1). Dans ces secteurs, la température moyenne de l'air est inférieure à 25°F (-3,9°C). Certains problèmes qui, avec le temps, deviendront de plus en plus sérieux, sont à redouter quand l'on doit perturber la surface du sol dans les régions pergélisolées, tout particulièrement lorsque les sols ont une forte teneur en glace. L'on note parmi les réactions courantes des terrains dans les régions pergélisolées où l'on perturbe la couche de surface, des affaissements de sol, l'apparition de thermo-karst, de l'érosion thermique, hydraulique, de la solifluxion et des glissements de boue. Les normes de protection environnementales d'aujourd'hui exigent que les activités reliées aux routes d'hiver n'endommagent pas de façon sérieuse le terrain.

Introduction

Les régions non-pergélisolées du Canada liées à l'exploitation et à la construction des routes d'hiver sont situées au sud de la frontière sud de la zone où abonde le pergélisol. Dans les secteurs les plus au nord de cette région, on retrouve des zones sporadiques de pergélisol, mais généralement les sols ne contiennent pas de volume important de glace excédentaire. Lorsque l'on enlève la couche de surface, la seule différence d'avec les zones plus au sud est que le sol qui était gelé commence à fondre. En été, les dommages peuvent être plus importants car la machinerie utilisée pour la construction peut s'embourber et endommager le terrain. Mais en hiver, lorsque la surface du terrain est entièrement gelée et que le dégel engendré par les travaux de construction ne devient visible qu'au printemps, on peut tolérer une certaine perturbation de la couche de surface pendant la construction des routes d'hiver. Actuellement, les Canadiens acceptent le fait que de sérieux dégâts soient causés au terrain dans les régions non-pergélisolées. Il faudra, cependant, peut-être réviser notre façon de voir les choses vu les nombreux progrès réalisés au cours des vingt dernières années permettant de réduire grandement les dégâts causés au terrain dans les régions pergélisolées.

Catégories de routes d'hiver

On appelle route d'hiver toute catégorie de routes construites sur la neige, la glace, ou à l'aide d'un mélange de sols minéraux* et de neige ou de glace et qui ne servent que durant l'hiver.

Les routes d'hiver se divisent en trois grandes catégories: les sentiers d'hiver, les routes sur la neige et les routes sur la glace.

Les sentiers d'hiver

Les sentiers temporaires d'hiver sont faits pour être utilisés pendant un seul hiver, ils sont aménagés à l'aide d'un véhicule à roues ou à chenilles sur lequel on adapte au besoin, une lame pour accéder à l'emplacement de la route. Généralement, les réseaux séismiques font partie de cette catégorie de routes. Habituellement, les sentiers temporaires ne conviennent pas dans les régions pergélisolées car souvent la surface est affaiblie lorsque l'on passe la lame sur les tertres.

Les sentiers permanents d'hiver sont des pistes pouvant être utilisées pendant plusieurs hivers; ils sont situés le long de nouvelles emprises ou d'emprises existant déjà. Dans les régions pergélisolées, on remplit les dénivellations à l'aide de neige. On utilise un mélange de sols minéraux et de neige dans les régions non-pergélisolées. Des traîneaux niveleurs ou

---

*On ne doit pas utiliser les sols minéraux pour la construction des routes d'hiver dans les régions pergélisolées. Car cela pourrait faire dégeler les sols à forte teneur en glace et provoquer l'affaissement du terrain. Consultez à cet effet la partie qui traite de la construction des sentiers temporaires d'hiver dans les régions pergélisolées.

des lames servent à remplir les dénivellations; souvent de cette façon, on rase les buttes et on mélange des sols minéraux à la neige.

Les routes sur la neige

Routes sur la neige tassée. Tout d'abord, on égalise ces routes avec de la neige et, à l'étape suivante, on tasse la neige à l'aide d'un tracteur à chenilles, de traineaux niveleurs ou de rouleaux.

Routes sur la neige "traitée". On procéde de la même manière que pour les routes sur la neige tassée sauf que l'on "traite" la neige afin de réduire la dimension des particules avant de les tasser.

Routes sur la neige recouverte de glace. Il s'agit soit d'une route sur la neige tassée ou sur la neige "traitée" arrosée à l'aide d'un jet d'eau afin de lier les particules de neige les unes aux autres pour rendre la chaussée plus stable.

Routes sur la neige artificielle. Il s'agit de routes de neige tassée faites de neige artificielle transportée ou fabriquée sur place. Ces routes sont construites et tassées à l'aide d'un tracteur à chenilles.

Les routes sur la glace

Routes sur la glace. Cette catégorie de routes est construite en arrosant directement le sol à l'aide d'un jet, d'un pulvérisateur ou d'un boyau afin de remplir les creux et de former une surface glacée assez épaisse pour supporter les véhicules.

Routes de granulats de glace. Cette catégorie de routes est construite à l'aide de granulats de glace transportés et déversés sur place. Ensuite on arrose à l'aide de jets, de pulvérisateurs ou de boyaux afin de lier les particules.

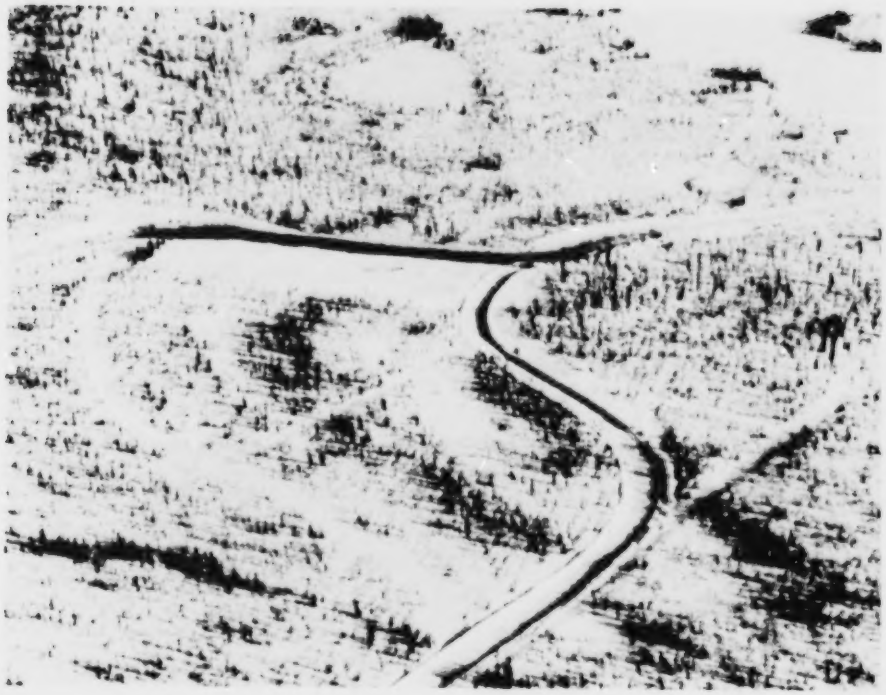
Routes d'hiver sur la glace. Il s'agit ici de routes construites à la surface des lacs ou des rivières gelés. On retrouve souvent cette catégorie de routes dans certains secteurs du Canada car grâce à leurs surfaces naturellement lisses, le travail général de préparation de ces routes est réduit au minimum.

Ponts de glace. Les ponts sont construits sur les lacs ou les rivières gelés et on augmente l'épaisseur de la glace en arrosant la surface. Il arrive que l'on place des arbres dans le sens de la largeur ou de la longueur afin de renforcer le pont.

SECTION 1

CONSTRUCTION ET EXPLOITATION DES ROUTES D'HIVER

Sentiers d'hiver



Sentiers temporaires d'hiver, Territoire du Yukon. (Gulf Oil Canada Ltd.)

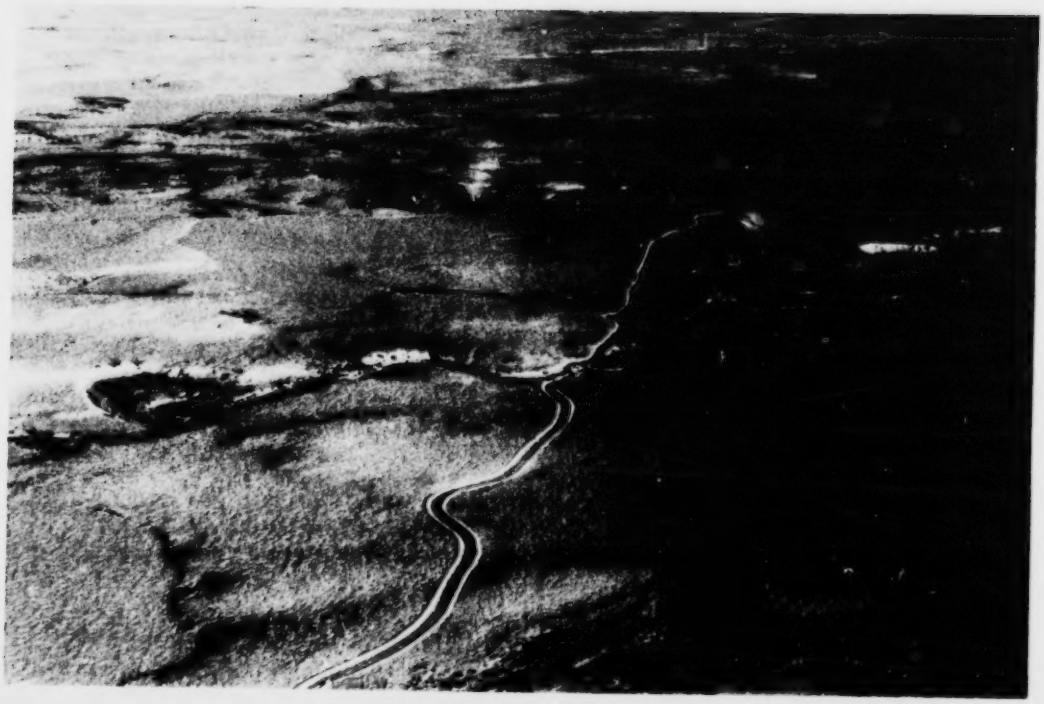
SENTIERS D'HIVER

Il existe deux catégories de sentiers d'hiver: les sentiers temporaires et les sentiers permanents. Les sentiers temporaires d'hiver servent durant une seule saison hivernale, tandis que les sentiers permanents d'hiver sont utilisés à nouveau chaque année.

Généralement, les sentiers permanents sont de qualité légèrement supérieure aux sentiers temporaires et ils demandent plus de planification lors du choix du tracé de la route. Ils permettent la circulation normale (surtout de semi-remorques) dans les régions non-pergélisolées et dans une certaine mesure dans les régions pergélisolées. Les sentiers temporaires servent pour toutes les catégories de circulation dans les régions non-pergélisolées. Normalement, dans les régions pergélisolées, seuls les véhicules à chenilles ou munis de pneus ballons et remorquant des traîneaux peuvent circuler sur les sentiers temporaires.

Ni l'une ni l'autre des deux catégories ne doit servir à la circulation routière dans la toundra.

Sentiers temporaires d'hiver



Sentier temporaire d'hiver dans le delta du Mackenzie. A remarquer le réseau de ligne séismique à l'arrière plan. Le sentier suit le réseau en certains endroits mais fait des détours ailleurs afin d'éviter des secteurs accidentés. (Gulf Oil Limited)

SENTIERS TEMPORAIRES D'HIVER

Les sentiers temporaires d'hiver sont beaucoup utilisés dans les travaux d'exploration séismiques pour atteindre des secteurs éloignés situés dans des régions pergélisolées ou non-pergélisolées. Les compagnies d'exploitation forestière utilisent aussi les sentiers temporaires d'hiver mais surtout dans des régions non-pergélisolées car il y a très peu d'exploitation forestière dans les secteurs pergélisolés. Les sentiers temporaires d'hiver servent aussi de chemin d'accès aux travaux d'exploration dans le domaine des mines, des emplacements de forage et d'autres entreprises industrielles.

Choix du tracé de la route

Le tracé de la route des sentiers temporaires d'hiver dépend de leur utilisation. Si le sentier doit servir à des travaux d'exploration séismiques, son tracé normalement sera fait à la suite d'études en bureau qui permettront de fournir le maximum de renseignements sur le sous-sol. Habituellement, les lignes d'exploration séismiques s'étendent en ligne droite sur des milles et des milles, ne déviant que pour éviter des obstacles majeurs tels des rivières ou des chaînes de montagnes. Dans des travaux séismiques, à cause du type d'équipement utilisé tels des véhicules exerçant une faible pression sur le sol et des bulldozers, les pentes abruptes et les autres caractéristiques du terrain ont très peu d'influence sur le tracé de la route.

On construit des sentiers temporaires d'hiver surtout pour l'exploitation forestière pour avoir accès à des secteurs inaccessibles durant l'été. Généralement, les tronçons de route traversent des terres basses et humides. Certains constructeurs de route d'hiver préfèrent suivre des secteurs bas et humides qui sont relativement plats. D'autres préfèrent essarter et niveler afin de demeurer sur un terrain plus sec. Dans le tracé des routes servant à l'exploitation forestière, on cherche d'abord le plus court chemin de transport, mais il arrive qu'on fasse dévier la route afin d'éviter des pentes supérieures à 10 dégrés. On tolère les pentes allant jusqu'à 12 degrés dans la direction où les camions circulent sans chargement.

Souvent lors de la construction de sentiers d'hiver d'exploration, le conducteur du bulldozer choisit lui-même le tracé de la route. Cette situation peut causer des problèmes car il arrive par exemple, que le conducteur doive faire plusieurs tentatives pour remonter une vallée. On peut éviter de tels dégâts inutiles en couchant sur papier le tracé détaillé de la route avant le début des travaux sur le terrain.

Lorsqu'on utilise des sentiers d'hiver dans la construction d'un pipeline, le sentier suit le tracé du pipeline.

Peu importe l'utilisation qu'on en fait, les sentiers d'hiver ne doivent pas passer à moins de trois cents pieds (100 mètres) des ruisseaux ou des rivières afin d'empêcher l'envasement de l'habitat des poissons. Sur les terrains pergélisolés, il faut éviter les secteurs formés de sol à forte teneur en glace tels les sols réticulés.

Sentiers temporaires d'hiver

Véhicule exerçant une faible pression sur le sol et traîneau léger que l'on utilise parfois pour tasser la végétation et détruire le pouvoir isolant des premières neiges. (J.D. McMillan)

Lame à sabot en forme de champignon servant à prévenir la perturbation de la surface dans les secteurs pergélisolés. (K.M. Adam)

Construction

Normalement, un tracteur à chenilles muni d'une lame constitue l'équipement nécessaire à la construction des sentiers temporaires d'hiver.

L'essartage commence lorsque le sol est gelé à une profondeur de 6 à 8 pouces (15 à 20 centimètres). Il faut battre les régions humides afin d'accélérer la pénétration du gel.

Lorsque l'on doit essarter dans des secteurs pergélisolés on se sert d'équipement monté sur chenilles. S'il n'est pas nécessaire d'essarter et qu'il y ait peu de danger de crevaison, on peut parfois utiliser des véhicules exerçant une faible pression sur le sol en cours de construction.

Dans les régions non-pergélisolées, le gel ne sert qu'au déplacement des véhicules. La couverture de neige a peu d'importance car il n'est pas essentiel de protéger le terrain. Généralement, on abat les arbres à l'aide de la lame, et le bulldozer pousse les arbres en andains. On peut niveler le sol à l'aide de la lame ou encore remplir les trous et les dénivellations à l'aide d'un mélange de neige et de sols minéraux. On utilise souvent le dos de la lame pour niveler et tasser le sol. Si l'on construit le sentier assez tôt l'automne, on attend généralement qu'il soit gelé avant d'y faire circuler des véhicules. Si le sentier est construit au milieu de l'hiver, comme c'est le cas pour la plupart des réseaux de travaux séismiques, les véhicules à chenilles ainsi que le camp suivent normalement immédiatement derrière le bulldozer sur la surface à peine construite.

Dans les régions pergélisolées, on se sert de neige pour remplir les trous et les dénivellations du sentier et pour protéger la surface du sol. Il faut donc qu'il y ait au moins 4 pouces (10 centimètres) de neige au sol avant de commencer la construction du sentier. On ne doit pas se servir des sols minéraux pour la construction des sentiers. Car au printemps, les sols minéraux restent à la surface après la fonte de la neige et forment des surfaces foncées qui absorbent davantage les rayons solaires. Des températures de surface plus élevées peuvent causer la fonte et le tassement des sols contenant un surplus de glace. Il ne faut pas non plus perturber la couverture végétale ni la tourbe dans les régions pergélisolées. Si l'on enlève la couverture isolante, les sols minéraux fondent au printemps et provoquent des affaissements.

On peut éviter ce problème en recouvrant les lames des bulldozers de sabots en forme de champignon. Ces sabots empêchent les lames d'érafler la tête des monticules ou des tertres et d'enlever la tourbe et la couche végétale de surface.

Sentiers temporaires d'hiver

Sentier temporaire traversant une région non-pergélisolée. A noter: les sols minéraux sur la route ainsi que les débris d'abattage sur le côté gauche. (J.D. McMillan)

Sentier temporaire dans un secteur pergélisolé. (R. Read)

Dans les zones de toundra, on perturbera le terrain si l'on procède au battage de la végétation ou de la couverture de neige avant que la couche organique soit gelée. Après que le sentier aura été battu à l'aide d'un véhicule à chenilles, il faudra protéger la surface par au moins deux pouces (5 centimètres) de neige.

Malgré les grands soins apportés à leur construction, les sentiers d'hiver aménagés dans la toundra seront souvent visibles surtout du haut des airs au cours des étés suivants, même si seuls quelques véhicules exerçant une faible pression sur le sol y auront circulé. Ceci indique à quel point les terrains situés dans le Nord peuvent être perturbés par la construction.

Exploitation

Dans les secteurs non-pergélisolés ce sont des véhicules munis de pneus et souvent des trains tirés par des véhicules à chenilles qui circulent sur les sentiers temporaires d'hiver. Puisque la protection de la surface n'est pas indispensable, il arrive souvent que le sentier s'use ou qu'il s'y forme des ornières; généralement, on tolère cet état de chose. De façon générale, on se conforme aux contraintes de circulation relatives aux chargements des camions servant à l'exploitation forestière, quoiqu'il soit arrivé que des chargements allant jusqu'à 300 000 livres (136 000 kilogrammes) y aient été transportés.

Seuls les véhicules à chenilles ou les véhicules exerçant une faible pression sur le sol et munis de pneus ballons devraient être autorisés à circuler sur les sentiers temporaires d'hiver, dans les régions pergélisolées. Les remorques et les camps mobiles doivent être montés sur des skis afin de réduire au minimum la perturbation de la surface.

Entretien

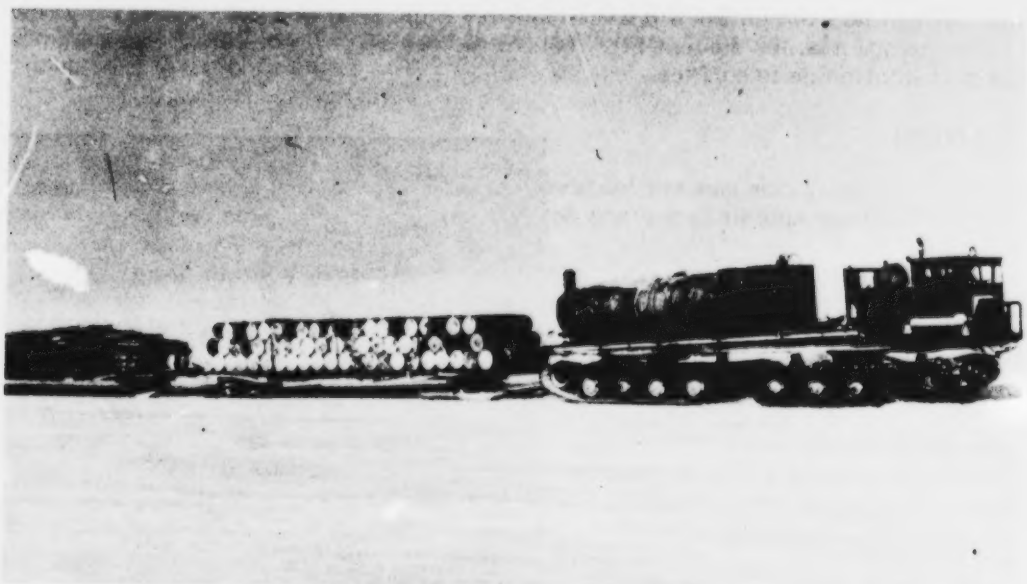
On utilise souvent les nivelleuses ou l'équipement motorisé des patrouilles pour aplanir la surface des sentiers d'hiver.

Dans les régions non-pergélisolées, les sentiers d'hiver permettent surtout aux véhicules de circuler aussi rapidement que possible. On considère que 25 milles à l'heure (40 kilomètres à l'heure) est une bonne vitesse sur un sentier d'hiver.

Dans les secteurs pergélisolés, l'entretien des sentiers temporaires est réduit au minimum, l'objectif principal étant de garder le maximum de neige sur la surface afin de retarder la fonte printanière. Généralement, les véhicules suivent le matériel utilisé pour la construction de si près qu'il n'est pas nécessaire d'entretenir le sentier. Toutefois, si les mêmes sentiers sont utilisés pour le retour, on devra recouvrir de neige légèrement tassée les endroits découverts par l'usure, par les rayons du soleil ou par d'autres facteurs. Si le sentier doit servir presque tout l'hiver durant, il faudra faire des inspections périodiques afin de déceler les endroits à découvert.

Sentiers temporaires d'hiver

Dans les secteurs non-pergélisolés, on utilise souvent des véhicules munis de pneus. (K.M. Adam)



Dans les secteurs pergélisolés, des trains composés de véhicules à chenilles et de traîneaux réduisent au minimum la perturbation de la surface (L. Emard)

Retard dû à l'utilisation d'équipement muni de pneus sur un sentier. (Desourdy Construction Limitée)

Souvent l'entretien est accéléré par l'utilisation d'une niveleuse en bois remorquée par un camion à benne basculante. (J.D. McMillan)

Sentiers temporaires d'hiver

Souvent ce sont les conducteurs de véhicules qui signalent l'état général des routes et les secteurs qui ont besoin de réparation. Toutefois, lorsqu'il s'agit de routes d'hiver assez longues, construites à forfait, on utilise une caméra fixée à l'aile d'un avion pour enregistrer en permanence l'état des routes, l'équipement de construction utilisé, les étapes de la construction ainsi que d'autres données. En visionnant les films, on pourra déterminer si la neige est demeurée sur la route ou si elle se perd en bordure de la route. Les visionneurs rodés peuvent même déterminer si la patrouille motorisée a nivelé la route.

Fermeture

Dans les secteurs non-pergélisolés, on peut emprunter les sentiers temporaires d'hiver jusqu'à ce que les véhicules commencent à s'embourber. Dans les secteurs pergélisolés, ce sont probablement les inspecteurs de l'utilisation des terres qui détermineront la date de fermeture, généralement devant l'imminence, à la surface, des signes précurseurs d'usure.

Sentier temporaire d'hiver peu avant la fermeture. (K.M. Adam)

Sentiers temporaires d'hiver

Vue estivale d'un sentier temporaire. Si le bulldozer avait été muni d'une lame recouverte de sabot en forme de champignon, on aurait évité une grande partie des dégâts aperçus sur le côté droit. (K.M. Adam)

Vue de l'emprise d'une route d'hiver photographiée en été dans un région non-pergélisolée.

Sentiers permanents d'hiver

Sentier permanent d'hiver, route de Hole River, Manitoba.
(K.M. Adam)

SENTIERS PERMANENTS D'HIVER

Les sentiers permanents d'hiver servent d'abord au ravitaillement des villages éloignés et des sites de développement industriel. Dans les régions pergélisolées et dans les régions non-pergélisolées, on les reconstruit d'année en année en suivant le même parcours.

Il arrive souvent qu'après des années d'utilisation, les routes temporaires d'hiver deviennent des routes permanentes. Puisqu'il est possible qu'elles deviennent des liens permanents entre les collectivités et les réseaux routiers existants, il arrive souvent qu'on les planifie comme si elles devaient devenir permanentes ou servir à la construction de routes permanentes. On utilise souvent des ponts semi-permanents du genre ponts Bailey pour traverser les cours d'eau qui se trouvent sur le parcours des sentiers permanents d'hiver.

Choix du tracé de la route

Le tracé des sentiers permanents d'hiver est important puisqu'il y a possibilité qu'ils deviennent des routes permanentes. Normalement le tracé répond à une seule nécessité, par exemple, accéder à un emplacement minier. Mais le tracé doit aussi tenir compte des plans à court terme d'un secteur puisque l'emplacement d'un sentier permanent d'hiver peut avoir une influence à court ou à long terme sur le développement d'une région.

Lorsqu'on prévoit la construction d'une route permanente, le tracé choisi doit au moins tenir compte des critères minimaux de construction des routes permanentes. Il faut normalement prévoir une emprise de 100 pieds (30 mètres) en plus de l'entassement des débris le long de cette emprise. Les pentes ne doivent pas dépasser 8 pour cent et les courbes 6 degrés. Les routes permanentes et les sentiers d'hiver doivent être capables de supporter des véhicules à 5 essieux d'un poids allant jusqu'à 74 mille livres (34 000 kilogrammes).

Le tracé des sentiers permanents d'hiver doit en permettre l'utilisation la plus tardive possible au printemps. Dans les vallées il faut éviter d'orienter le sentier directement face aux rayons du soleil, c'est-à-dire éviter les pentes faisant face au sud. Dans les secteurs forestiers, si les sentiers sont orientés de façon à être à l'abri des rayons solaires du début de l'après-midi, on peut ainsi en prolonger leur utilisation au printemps.

Le passage des rivières doit être envisagé sous plusieurs angles différents. La partie qui traite des ponts de glace, fixe les normes pour déterminer les emplacements propices à la construction de ponts de glace adéquats. Il faut aussi étudier des emplacements propices à la construction de ponts permanents. Les critères qui déterminent les deux sortes d'emplacements peuvent être complètement opposés les uns aux autres. Par exemple il peut être préférable de choisir un emplacement où la rivière est large, peu profonde et le débit plutôt faible, pour construire un pont de glace alors que pour construire un pont permanent, il serait souhaitable de choisir un endroit étroit et profond.

La contiguité de ces deux types d'emplacements, sur une rivière, peut avoir une influence sur le tracé de la route puisqu'il sera possible alors de construire le pont permanent à partir du sentier d'hiver. Il est avantageux de construire en hiver les ponts servant aux routes permanentes puisqu'au moment d'achever la construction des routes, l'été suivant, l'équipement de construction n'aura pas à attendre pour traverser les rivières.

Construction

L'équipement de construction des sentiers permanents d'hiver comprend des tracteurs à chenilles munis de lames, des traîneaux niveleurs légers ou de poids moyen, et un véhicule à faible pression sur le sol.

Le mode de construction est le même que pour les sentiers temporaires sauf qu'on est plus prudent car il est possible que la densité de circulation soit plus forte.

L'essartage se fait pendant la première année d'exploitation. Généralement, un véhicule exerçant une faible pression sur le sol entreprend la phase initiale de l'emprise en tassant la végétation et la couverture de neige qui recouvre le sol dès que le sol est suffisamment gelé pour supporter le poids du véhicule. Ce travail est tout particulièrement important dans les régions basses et humides où la végétation est dense, parce que la neige tassée à la surface est mouillée et contribue à former une base solide lorsqu'elle est gelée. On diminue ainsi la propriété isolante de la neige permettant au gel de pénétrer plus en profondeur.

Dans les secteurs non-pergélisolés, lorsque le sol est suffisamment gelé pour supporter les tracteurs à chenilles, on étend un mélange de neige et de boue sur la chaussée jusqu'à ce que celle-ci soit lisse. Il est souhaitable qu'il y ait de la neige à ce moment-là pour remplir les trous et les dénivellations et pour garder la surface de la chaussée recouverte car le blanc protège la fonte causée par les rayons solaires. Ensuite, on utilise un traîneau niveleur en acier ou en bois pour terminer le travail de nivellement de la surface. On laisse par la suite la route geler et durcir par vieillissement pendant environ deux jours avant d'y circuler.

Dans les secteurs pergélisolés, lorsque le sol ou la couche active de toundra sont suffisamment gelés, on peut se servir d'un tracteur à chenilles pour transporter sur l'emprise la neige servant à remplir les creux et les trous. On doit éviter de briser la couche de surface et on ne doit pas se servir des sols minéraux comme matériau de remblai. Toute la chaussée doit être protégée par une couverture de neige tassée. On recommande d'utiliser un léger traîneau niveleur en bois pour égaliser et tasser la surface. On a constaté que les traîneaux niveleurs en acier causent plus de perturbation à la surface que les traîneaux niveleurs en bois lorsque la couche de neige est mince. On peut faire circuler des véhicules à chenilles ou à pneus ballon immédiatement après la construction car ils aideront à tasser la surface de la route, mais on recommande de laisser le sentier durcir par vieillissement pendant au moins deux jours avant d'y faire circuler les véhicules réguliers munis de pneus.

Les traîneaux niveleurs en acier permettent d'obtenir une chaussée lisse mais ils ont tendance à en érafler la surface. (K.M. Adam)

Vu leur longueur, les traîneaux niveleurs en bois peuvent transporter de la neige sur des distances importantes avant de déposer cette neige dans les creux. (K.M. Adam)

Sentiers permanents d'hiver

Sentier permanent d'hiver à emprise étroite. (J.D. McMillan)

Dans les secteurs non-pergélisolés, on tolère un certain degré d'éraflure de la surface. (K.M. Adam)

Exploitation et entretien

Dans les secteurs non-pergélisolés, l'exploitation et l'entretien des sentiers permanents d'hiver sont les mêmes que pour les sentiers temporaires. On peut utiliser les véhicules sur roues ou sur chenilles pour niveler la route. On tolère jusqu'à un certain point les ornières et les éraflures à la surface. Pour permettre aux véhicules de circuler plus rapidement, on peut utiliser un traîneau niveleur ou une lame pour aplanir la surface.

Dans les secteurs pergélisolés, l'entretien consiste principalement à protéger la surface du sentier. Pour l'entretien régulier, il est préférable d'utiliser des traîneaux en bois plutôt qu'en acier ou des lames car les traîneaux en acier éraflent la surface. Les tronçons de route situés dans les secteurs où il n'y a pas suffisamment de neige devront être recouverts de neige tassée lorsque l'on commence à voir la surface du sol. On ne doit pas utiliser d'équipement muni de lames pour l'entretien à moins que la couverture de neige soit suffisamment épaisse pour empêcher les lames d'entrer en contact avec la couverture du sol. Il faut éviter l'emploi de véhicules à roues sur les sentiers d'hiver situés dans les régions pergélisolées, car ils forment des ornières et endommagent le sentier. La circulation de ces véhicules n'est recommendable que si le sentier a l'épaisseur et la densité d'une route de neige tassée.

Fermeture

Les sentiers permanents d'hiver suivent les mêmes règles de fermeture que les sentiers temporaires d'hiver. Consulter la partie qui traite de la fermeture des sentiers temporaires d'hiver.

Sentier permanent d'hiver vu en été. (K.M. Adam)

Route de neige tassée avant son entrée en service. (K.M. Adam)

ROUTES SUR LA NEIGE

Les routes d'hiver sont des routes nivelées construites à l'aide de neige tassée à une densité allant de 25 à 37 livres par pied cube (0,4 à 0,6 grammes par centimètre cube). Comme elles offrent une importante protection du sol, elles sont surtout utilisées dans les secteurs pergélisolés. Souvent, on modifie la qualité de la route afin d'en augmenter la densité et par ce fait, améliorer sa résistance à l'endommagement causé par la circulation.

L'augmentation de la densité d'une route de neige est une opération difficile. Les cristaux de neige qui forment le lit de la route sont semblables à de petits cubes de glace, chacun ayant une forme définie mais différente. Pendant la construction, il n'est pas possible d'appliquer suffisamment de pression pour faire sortir tout l'air qui se trouve entre les cristaux afin de former une masse solide, mais on a mis au point certaines techniques qui permettent d'atteindre partiellement cet objectif. Une de ces méthodes, appelée "traitement", consiste à broyer les cristaux pour en faire un tout plus compact. Une autre méthode consiste à remplir d'eau les espaces entre les cristaux, soit par immersion ou par la fonte de la neige. Ou encore, lorsqu'on fabrique la neige mécaniquement, on peut lui donner une teneur en eau suffisante pour qu'au moment où on la tasse, sa densité soit telle qu'elle lui permette de supporter la circulation.

Route de neige tassée. On remarque l'absence d'accumulation de neige le long de l'emprise, la neige ayant été utilisée pour la construction de la route. (K.M. Adam)

ROUTES DE NEIGE TASSÉE

Les routes de neige tassée constituent la catégorie la plus commune de routes sur la neige. Lorsqu'on a accumulé suffisamment de neige pour aménager la route, on égalise la surface à l'aide d'un traîneau niveleur. Puis la neige est tassée par des passages répétés de tracteurs à chenilles, de traîneaux niveleurs lourds ou de rouleaux compresseurs.

La plupart des routes sur la neige commencent à l'état de routes de neige tassée mais en raison de la précarité de leur structure, elles finissent souvent à l'état de routes "traitées" ou de routes recouvertes de glace.

Choix du tracé de la route

Le choix du tracé de la route se fait de la même manière que pour les routes de neige tassée, "traitées", recouvertes de glace, ou construites à l'aide de neige fabriquée mécaniquement. Toutefois, dans le cas des routes recouvertes de glace ou de neige fabriquée mécaniquement, il est important que le tracé passe près d'une source d'eau.

Pour les quatre catégories de routes sur la neige, le tracé doit suivre le versant des collines non exposé au vent afin de profiter au maximum de la neige profonde. Dans les secteurs à faibles chutes de neige, les routes doivent passer le plus près possible des lacs et des autres sources de neige afin de réduire au minimum les distances de transport de la neige. Dans les secteurs à chutes abondantes de neige, on peut accorder moins d'importance à l'accessibilité à la neige; de fait, des couches de neige supérieures à 3 pieds (1 mètre) peuvent causer des problèmes de mobilité. Dans ces secteurs, on peut tirer profit des versants de colline balayés par le vent. Il faut éviter les endroits où l'on retrouve de forts amoncellements de neige en raison de l'entretien sauf, si l'on a besoin de cette neige pour la construction de la route. Si l'utilisation de la route doit se prolonger jusqu'au printemps, il faut éviter les versants sud des vallées car la neige y fond plus rapidement. Dans la mesure du possible, il faut éviter les pentes supérieures à 10 degrés. Si le transport de marchandises ne se fait que dans une direction, on peut tolérer des pentes supérieures sur la voie du retour.

Construction

Pour la construction des routes de neige tassée, on utilise l'équipement suivant: un tracteur à chenilles moyen, muni d'une lame recouverte d'un sabot en forme de champignon, un traîneau niveleur léger, un traîneau niveleur lourd ou un rouleau compresseur. Plusieurs agencements de techniques et d'équipement de construction ont été utilisés.

Après la première chute importante de neige, on nivelle la surface afin de détruire la propriété isolante de la neige et de favoriser la pénétration du gel. Habituellement on nivelle les irrégularités mineures de la surface en se servant d'un traîneau niveleur léger tiré par un véhicule à chenilles exerçant une faible pression sur le sol. Dans les régions pergélisolées, il est préférable d'utiliser les traîneaux niveleurs en bois qui causent moins de dommages à la surface que les traîneaux niveleurs en acier.

Routes de neige tassée

Généralement, il faut disposer d'une généreuse quantité de neige pour construire une surface tassée d'au moins 8 po. (20 centimètres) d'épaisseur. Lorsqu'on n'a pas de neige "naturelle" en quantité suffisante pour obtenir cette épaisseur, on peut en transporter à partir des lacs ou installer des clôtures le long de l'emprise pour retenir la neige.

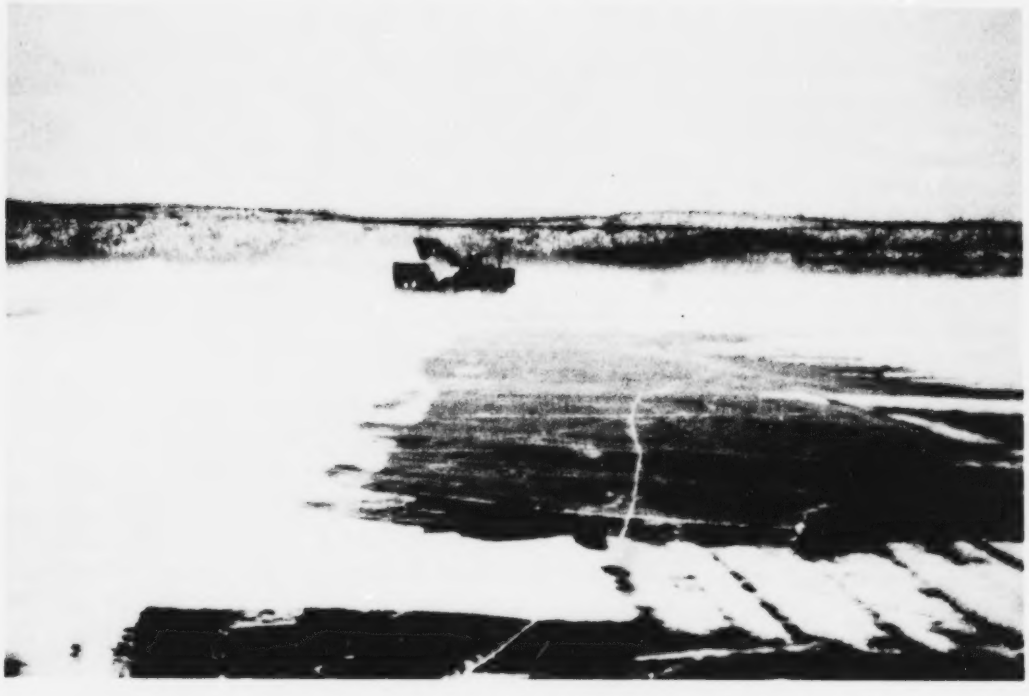
On a construit des tronçons d'essai de route de neige tassée d'une épaisseur allant de 3 à 6 pieds (1 à 2 mètres). Les vérifications d'épaisseur de la neige permettent d'éliminer les inégalités dues au micro-relief. Toutefois, l'augmentation de coût de cette catégorie de construction n'est justifiée que dans les secteurs où l'on prévoit une circulation très dense où le temps de déplacement est primordial et seulement pour de courts tronçons de route.

On peut commencer la construction lorsque la couverture de neige de l'emprise est suffisante, normalement s'il y a plus de 8 pouces (20 centimètres) et que le sol sous-jacent est gelé jusqu'à une profondeur d'au moins 6 pouces (15 centimètres). On ébauche la route à l'aide d'une lame et on la nivelle avec un traîneau niveleur léger ou avec le dos de la lame. Puis on procède au tassement qui souvent est fait par des passages répétés de tracteur à chenilles. Malgré l'efficacité de cette méthode, il peut arriver que le tracteur n'exerce pas une pression suffisante pour obtenir une surface carrossable.

Pour obtenir un tassement suffisant, on recommande l'emploi d'un traîneau niveleur lourd ou d'un rouleau compresseur qui peuvent être utilisés séparément ou l'un à la suite de l'autre. Les traîneaux niveleurs lourds dont le poids est d'environ 3 000 livres (1 400 kilogrammes) servent à la finition des routes. Le traîneau niveleur moyen mesure 12 pieds (4 mètres) de large et plus de 7 pieds (2 mètres) de long. La partie inférieure courbée des patins mesure 24 pouces (60 centimètres) de diamètre et est faite à partir d'une feuille de métal de 3/8 de pouce (1 centimètre). Souvent, afin d'accélérer le tassement, on se sert de plusieurs traîneaux niveleuurs placés les uns à côté des autres pour couvrir des largeurs allant jusqu'à 30 pieds. De cette façon, la pénétration dans le sol est de 1 à 2 pouces (2,5 à 5 centimètres) et on obtient une excellente surface. Le traîneau niveleur peut être remorqué à une vitesse de 4 milles à l'heure (6 kilomètres à l'heure) mais on obtient de meilleurs résultats si on le passe à deux reprises. On a constaté qu'en utilisant un rouleau compresseur muni de pneus, avant le passage du traîneau niveleur, on pouvait doubler l'indice de durcissement de la sonde de battage. (L'indice de durcissement de la sonde de battage de la neige est une mesure du durcissement qui est obtenue en enfonçant un cône régulier dans la neige (Voir l'annexe 3).

Deux modèles de rouleaux compresseurs peuvent servir pour le tassement de la neige: le rouleau compresseur de grand diamètre et le rouleau compresseur régulier utilisé dans la construction et muni de 13 pneus. Le premier sert à tasser la neige nouvelle; le second, à 13 pneus, est utilisé pour renforcer la neige qui a déjà été tassée.

Routes de neige tassée



On peut se servir de la neige qui recouvre un lac pour construire un route de neige tassée. (K.M. Adam)

Route de neige tassée. Tronçon de route qui traverse un canal de drainage naturel d'une épaisseur supérieure à 6 pieds (2 mètres). (K.M. Adam)

Routes de neige tassée

Un rouleau compresseur universel doit être muni d'un seul élément rotatif, d'un dispositif de remorquage, d'une face lisse (maximum de largeur et de diamètre), d'une lame servant de grattoir pour enlever le neige du rouleau, d'un dispositif permettant de l'accoupler à un ou à plusieurs autres rouleaux compresseurs, et il doit se plier facilement en deux afin d'être transporté par la voie des airs. Un rouleau ordinaire mesure 8 pieds (2,4 mètres) de diamètre, pèse 10 000 livres (4 500 kilogrammes) et est construit à partir d'une feuille de fer de 4 pieds (1,2 mètre), d'une épaisseur de 5/16 de pouce (0,8 centimètre), courbée à 90 degrés et boulonnée. On peut trouver tous les détails de la conception et de la construction de ces rouleaux dans le Technical Report 107, U.S. Naval Civil Engineering Laboratory, 1961.

Les rouleaux donnent de meilleurs résultats sur de la neige nouvelle. Dans les secteurs où les chutes de neige sont fréquentes, on peut s'en servir pour construire des routes de neige tassée par couches successives en nivelant chaque nouvelle couche de neige. Les rouleaux à grand diamètre peuvent être remorqués à des vitesses allant de 2 à 6 milles à l'heure (3 à 9 kilomètres à l'heure).

Le rouleau compresseur commercialisé de modèle régulier est muni de pneus et fournit un bon rendement pour le durcissement des surfaces. Il est composé d'un récipient à ballaste équipé de six roues à l'avant et de sept à l'arrière. Les pneus sont généralement gonflés à 34 livres au pouce carré (235 kilopascals). Le contenant à ballaste peut varier selon sa construction, de 100 à 140 pieds cubes (3 à 4 mètres cubes). Ce rouleau compresseur peut transporter jusqu'à 8 tonnes (7 tonnes) de sable et s'est avéré très utile pour accroître le durcissement de la neige capable de supporter son poids tout en y laissant des marques ne dépassant pas un demi-pouce (un centimètre et demi), ce qui correspond à un indice de durcissement supérieur à 200 à la sonde de battage. Les rouleaux compresseurs à grands diamètres donnent un meilleur rendement dans la neige lâche.

On peut obtenir de bons résultats en utilisant à la fois des traîneaux niveleurs et des rouleaux compresseurs pour la construction de routes de neige tassée. De façon générale, le moment le plus propice pour effectuer le tassement final se situe dans l'après-midi alors que les températures ambiantes et les niveaux d'humidité de la neige sont à leur maximum.

Dans certains cas, il est possible qu'on n'arrive pas à construire des surfaces carrossables en se servant de traîneaux niveleurs lourds et de rouleaux compresseurs, le durcissement de la neige tassée dépendant de tant de facteurs: emplacement géographique, saison, catégorie et condition de la neige, température ambiante et température de la neige et durée de la période de durcissement par le vieillissement.

Même si ailleurs, surtout dans l'Antarctique, on a utilisé avec succès les traîneaux niveleurs lourds et les rouleaux compresseurs pour le tassement des routes de neige, on ne s'en est pas servi beaucoup au Canada. On n'en a pas encore exploré tous les avantages et désavantages.

Routes de neige tassée

Après que la route a été tassée à une densité de 34 livres ou plus par pied cube (0,55 gramme par centimètre cube) ou jusqu'à un indice de durcissement supérieur à 450 à la sonde de battage, on peut faire circuler des véhicules sur un court tronçon de la route afin de la vérifier. Si après 24 heures ou plus de durcissement par vieillissement, le nombre de failles est supérieur à la quantité tolérable, il faut procéder à un traitement de profondeur ou recouvrir la route de glace.

Exploitation et entretien

L'exploitation des routes de neige tassée ou traitée, recouvertes de glace ou de neige artificielle dépend d'abord de la densité et de la dureté de la surface de la route. Lorsque les densités sont inférieures à 34 livres par pied cube (0,55 gramme par centimètre cube) ou lorsque l'indice de durcissement de la sonde de battage est inférieur à 450, il faut restreindre la circulation aux véhicules exerçant une faible pression sur le sol et aux traîneaux, sauf si les essais déterminent que l'on peut procéder autrement. Si les densités se situent entre 34 et 47 livres par pied cube (0,55 à 0,60 gramme par centimètre cube) ou si l'indice de dureté à la sonde de battage se situe entre 450 et 675, il faut faire des essais de circulation sur un court tronçon de la route. Si la route supporte 20 passages du type de circulation auquel elle est destinée (poids total et pression des pneus), il y a de fortes possibilités qu'elle durcisse et s'améliore à l'usage. Si les densités dépassent 47 livres par pied cube (0,60 gramme par centimètre cube) ou si l'indice de dureté à la sonde de battage est supérieur à 675, il est probable que la route pourra supporter la circulation routière normale et même le passage de véhicules servant à la construction excédant les poids réguliers et ce sans entretien supplémentaire. La vitesse de circulation peut influencer la nature de l'entretien. De façon générale, on peut circuler à des vitesses dépassant 25 milles à l'heure (40 kilomètres) sur une route de neige dure et lisse. Les véhicules ne doivent jamais excéder la vitesse de 50 milles à l'heure (80 kilomètres à l'heure). Il faut afficher les limites de vitesse, les réduire grandement lorsque des bosses commencent à se former sur la route. Il faudra égaliser la surface de la route avant de permettre des vitesses plus élevées.

Il faut faire l'entretien préventif et l'entretien régulier des routes de neige. L'entretien préventif consiste à garder la surface de la route lisse et dure. A cet effet, une niveleuse patrouillera la route pour éliminer les points légèrement cahoteux. Il est important de procéder ainsi car ces points cahoteux ont tendance à progresser rapidement après avoir atteint une certaine taille. La dureté de la route dépend en grande partie de la température ambiante qui échappe au contrôle; mais si la route semble ramollir, il faut immédiatement la fermer à la circulation. Généralement, on peut la réouvrir à la circulation de nuit alors que les températures sont plus froides. On peut aussi réduire la vitesse pour aider à l'entretien d'une route de neige affaiblie par la température.

Routes de neige tassée

Rouleau compresseur de grand diamètre, servant au tassement de la neige. L'appareil que l'on voit à l'avant du tracteur est un conditionneur de neige provisoire. (K.M. Adam)

On utilise de lourds traîneaux niveleurs en bois pour le tassement.

Routes de neige tassée

Généralement, des chutes de neige ou de la neige soufflée par le vent atteignant 2 à 4 pouces (5 à 10 centimètres) ne créent pas de difficulté sur les routes car cette neige est tassée par la circulation. Mais s'il y a de la neige en quantité supérieure, des bosses se formeront. La solution consiste à enlever cette neige soit à l'aide d'un chasse-neige ou d'une souffleuse ou tout simplement de se servir d'un rouleau compresseur ou d'un traîneau niveleur pendant que tombe la neige. Il ne faut pas laisser des sillons se former sur la route car ils ont tendance à retenir la neige.

L'entretien régulier consiste à remplir les nids de poule et les ornières et à désagréger ou à recouvrir de sable les plaques de glace vive qui ont tendance à se former dans les courbes ou sur les pentes. On peut remplir les nids de poule ou les ornières de neige humide tassée à nouveau ou de granulats de glace et terminer par un arrosage. On peut aussi parfois utiliser un mélange de sciure de bois, de neige et d'eau mais si la sciure de bois glisse dans les cours d'eau, elle peut obstruer les branchies des poissons.

Les ornières se forment surtout pendant les journées chaudes et ensoleillées. Si l'on garde la surface de la route dégagée en utilisant une niveleuse ou un traîneau niveleur, on réduira les effets de la radiation. Quand la température devient plus chaude que la normale, il faut que les équipes d'entretien patrouillent plus fréquemment; on peut aussi limiter les déplacements à la nuit afin de réduire les travaux d'entretien. On peut déterminer le durcissement à l'aide de la sonde de battage pour découvrir la possibilité de formation d'ornières. Lorsque la température dépasse 25 degrés F (4°C) ou que l'indice à la sonde de battage est inférieur à 450, il est conseillé de contrôler plus fréquemment l'état de la route de neige. Il faut fermer la route à la circulation avant qu'il y ait trop d'ornières. Il est possible de réduire la formation d'ornières si les conducteurs changent un peu leurs façons de conduire et évitent d'emprunter les voies déjà marquées lorsque c'est possible et aussi en diminuant la pression de l'air dans les pneus de leurs véhicules.

Dès la formation d'ornières, on doit immédiatement prendre les mesures d'entretien qui s'imposent si l'on doit utiliser à nouveau la route. Habituellement, on peut faire disparaître les ornières peu profondes à l'aide d'un traîneau niveleur lourd suivi d'un traîneau niveleur de finition. Pour les ornières plus profondes, il faut se servir d'une niveleuse dont la pression des pneus aura été réduite le plus possible et déplacer la neige d'avant en arrière plutôt que de creuser dans la route de neige. On doit se servir d'une charrue ou d'un chasse-neige pour enlever le matériel excédentaire. On recommande l'emploi d'un traîneau niveleur de finition après avoir utilisé la niveleuse surtout au printemps alors que plus d'ornières se forment. Le traîneau niveleur de finition aide à répartir l'humidité brute sur la route de neige préparant la base d'une surface dure quand la température deviendra plus froide.

Les secteurs qui nécessitent le plus d'entretien sont ceux qui relient une route de neige à une route de terre permanente. A la jonction des deux routes, la boue, transportée sur la surface de neige, favorise la fonte et la formation d'ornières. Des madriers posés en travers de la route de terre secoueront une grande partie de la boue collant aux véhicules avant qu'elle ne recouvre la route de neige.

On doit enlever aussitôt que possible la boue qui demeure sur les madriers. Les pentes qui font face au sud demandent aussi plus d'entretien en raison de la traction exerçée par les véhicules qui amincissent la route et de leur exposition aux rayons solaires qui entraînent la fonte. Il faut souffler ou pousser la neige sur la chaussée et la tasser. Dans certains cas extrêmes, il peut arriver qu'il soit impossible d'entretenir une route d'hiver et qu'il faille la reconstruire complètement. Il faut alors procéder au traitement en profondeur par tassement. Il peut parfois être nécessaire de recouvrir la route avec de la glace si l'humidité naturelle de la neige n'est pas suffisante. Il faut également laisser la surface de la route durcir par vieillissement pendant des durées appropriées.

Fermeture

Dans les régions non-pergélisolées, toutes les catégories de routes de neige ferment normalement avant que les véhicules commencent à s'embourber. Si les routes sont relativement minces, "l'embourbement" se produit d'abord dans les pentes du côté sud qui ont commencé à dégeler. Dans le cas des routes plus épaisses, il peut arriver que le véhicule commence à s'embourber dans les parties détériorées de la route avant même que le sol soit apparent. Dans les régions pergélisolées, il faut fermer les routes de neige dès que le danger de dégâts au terrain est imminent. Il peut arriver qu'une route de neige épaisse soit amollie au point ou il soit impossible d'y circuler. Après la fermeture de la route, on peut profiter de la nuit pour retirer les véhicules qui autrement seraient immobilisés pendant tout l'été.

Ornières sur une route de neige non suffisamment tassée après moins de 20 passages d'un fourgon léger. (K.M. Adam)

Les pentes abruptes orientées vers le sud sont souvent les premiers tronçons de route qui dégèlent. Les points sombres visibles ici hâteront la détérioration de la route au printemps.

Le chasse-neige est utilisé pour remanier la neige et pour la déposer sur l'emprise avant le nivelage et le tassement. (M. Kowalchuk)

ROUTES DE NEIGE TRAITÉE

La construction des routes de neige traitée se fait de la même façon que celle des routes de neige tassée sauf qu'elle comporte une étape additionnelle: on agite (traite) la neige afin de briser les cristaux pour les réduire en particules plus petites, ce qui permet alors de tasser la neige à une densité plus élevée par un effort égal ou peut-être moindre de compactage, améliorant ainsi la qualité de la route.

Choix du tracé

Le choix du tracé des routes de neige traitée se fait de la même façon que pour les routes de neige tassée. Voir la partie qui traite du choix des tracés des routes de neige tassée.

Construction

En plus de l'équipement nécessaire à la construction d'une route de neige tassée, c'est-à-dire un tracteur à chenilles, un traîneau niveleur, un traîneau niveleur lourd ou des rouleaux compresseurs, on a besoin pour la construction des routes de neige traitée d'un tritureur ou d'une souffleuse à neige rotative. Le tritureur est un appareil muni de couteaux, de chaînes, de crampons, de fourchons ou d'hélices qui servent à brasser la neige avant de la déposer sur la route. A cet effet, on a utilisé des appareils allant du concasseur de revêtement régulier au tritureur de sol. L'appareil appelé Peter Snow Miller qui est muni d'une hélice a donné d'excellents résultats dans les projets de construction de routes de neige. Au cours des dernières années, on a utilisé avec succès la souffleuse à neige conventionnelle pour le traitement de la neige.

Le traitement de la neige peut se faire de deux façons différentes, soit par le traitement simple, soit par le traitement double. Le traitement simple consiste à "travailler" la neige à une ou à deux reprises et à la tasser immédiatement. Le traitement double consiste à "travailler" la neige, à la laisser durcir par vieillissement de 24 à 48 heures puis à la traiter de nouveau et à la tasser immédiatement.

Peu importe la méthode utilisée, la construction de routes de neige traitée suit les mêmes étapes que la construction de routes de neige tassée. On tasse la première neige à l'aide d'un véhicule à chenilles léger et d'un traîneau niveleur léger afin d'accroître le degré de gel de la couche inférieure. Puis lorsqu'on a suffisamment de neige, on procède à la construction de la coupe transversale de la route en utilisant un bulldozer muni de sabots en forme de champignon afin de protéger le terrain. On peut utiliser un traîneau niveleur léger pour égaliser la surface de la route. On peut alors commencer le traitement.

Routes de neige traitée

Le traitement simple donne un meilleur rendement si l'on utilise le tritureur ou la souffleuse à neige rotative à deux reprises (trois reprises si la neige est granuleuse) à des intervalles ne dépassant pas une heure. Dans la mesure du possible, il est préférable de doubler la vitesse de l'hélice au cours du deuxième passage. Le tassement doit suivre immédiatement le traitement afin qu'il ne se forme pas de conglomérat.

Le tassement par couches est une variante du traitement simple. Il consiste à donner un traitement simple à des couches successives de neige. Les étapes à suivre lorsqu'on utilise une souffleuse à neige sont les suivantes: quand on a accumulé suffisamment de neige et que le sol est gelé à point et présente une surface de travail solide, on aménage deux bermes de neige parallèles aux extrémités de la route projetée. Les bermes doivent être suffisamment élevées pour contenir la neige déposée par le chasse-neige après le nivelage et le tassement. Sur un terrain relativement lisse, deux couches de neige devraient suffire et chacune des couches avoir environ 4 pouces (10 centimètres) d'épaisseur après avoir été tassée.

Immédiatement après que le chasse-neige aura déposé la couche de fond de neige traitée, on utilisera en trois passages successifs, un petit tracteur à chenilles tirant un traîneau niveleur léger pour égaliser cette couche. On peut essayer l'utilisation de traîneaux niveleurs lourds ou de rouleaux compresseurs pour accélérer le tassement mais leur utilité dépendra des conditions de la neige. La couche de surface qui sera nivelée à l'aide d'un traîneau niveleur finisseur devra vieillir par durcissement pendant au moins 24 heures. Pour le durcissement de la couche de surface, il est recommandé de se servir du rouleau compresseur muni de pneus. Pour le nivellement de surface moins grande, on peut utiliser un traîneau niveleur léger.

Par les méthodes de tassement par couches, on obtient des routes plus solides que dans le cas de routes à une seule couche. Les points faibles que l'on retrouve dans la plupart des routes de neige semblent être répartis au hasard dans les deux couches et il est très peu probable qu'ils chevauchent dans les deux couches. Même si l'on fait plusieurs relevés à la sonde de battage (Ramsonde test) dans la surface des routes de neige, il est pratiquement impossible de déceler les points faibles. Toutefois, lorsque la circulation rend visible l'une de ces failles, des essais à la sonde de battage près du point de rupture confirmeront la faiblesse.

Si après 24 heures de durcissement par vieillissement, les densités de surface sont inférieures à 34 livres par pied cube (0,55 gramme par centimètre cube) ou si les essais en surface à la sonde de battage indiquent moins de 450, il faudra songer à recouvrir de glace la route de neige traitée.

Le double traitement en profondeur comprend deux cycles de traitement entrecoupés d'une période de durcissement par vieillissement. Des passages répétés du tritureur immédiatement après le premier cycle se sont avérés insuffisants. On s'est rendu compte qu'après un durcissement de la neige pendant une période de 24 heures, un autre cycle de traitement en profondeur réduisait alors d'au moins 50 pour cent les plus grosses particules.

Le deuxième cycle est très important car il augmente le nombre de petites particules offrant davantage de points de contact et par le fait même assurant une surface plus solide. La résistance de la neige dépend, en effet, du nombre de points de contact entre les particules par unité de volume.

On se servira des traîneaux niveleurs lourds ou des rouleaux compresseurs pour niveler et tasser la neige traitée immédiatement après le deuxième traitement en profondeur. Ceci empêche la formation de conglomérats avant la fin du tassement. On recommande de passer l'équipement utilisé pour le tassement à trois ou à cinq reprises en laissant moins de 2 heures d'intervalle entre chaque passage. Pour les deux derniers passages, on employera le traîneau niveleur finisseur ou un rouleau compresseur muni de pneus afin d'obtenir le durcissement maximal de la surface.

Avant de faire des essais de circulation sur la route, on doit laisser celle-ci durcir par vieillissement pendant au moins 24 heures. Si après le durcissement par vieillissement, les densités sont inférieures à 34 livres par pied cube (0,55 gramme par centimètre cube) ou si l'indice de la sonde de battage est inférieur à 450, il faudra recouvrir la route de glace afin d'obtenir une surface sur laquelle on pourra circuler.

Exploitation et entretien

L'exploitation et l'entretien des routes de neige traitée sont les mêmes que dans le cas des routes de neige tassée. Voir la section qui traite de l'exploitation et de l'entretien des routes de neige tassée.

Fermeture

Les routes de neige traitée sont soumises aux mêmes règles de fermeture que les routes de neige tassée.

Route de neige recouverte de glace servant au transport des billes de bois dans le nord de l'Ontario. La voie de gauche qui est recouverte de glace sert aux véhicules chargés. L'autre voie faite de neige tassée sert au retour.

ROUTES DE NEIGE RECOUVERTES DE GLACE

Même après plusieurs journées de durcissement par veillissement, on constate qu'une route de neige tassée ou de neige traitée ne peut supporter sans se briser à plusieurs endroits les passages répétés de véhicules chargés. Tout n'est pas perdu dans cette situation. Il suffit d'arroser la surface de la route pour transformer une route de neige faible en une route solide recouverte de glace et ce, en quelques heures seulement.

Choix du tracé

Le choix du tracé des routes de neige recouvertes de glace se fait de la même façon que pour les routes de neige tassée sauf qu'on doit tenir compte de la proximité d'une source d'eau pour le recouvrement de glace. Voir la partie qui traite du choix des tracés des routes de neige tassée.

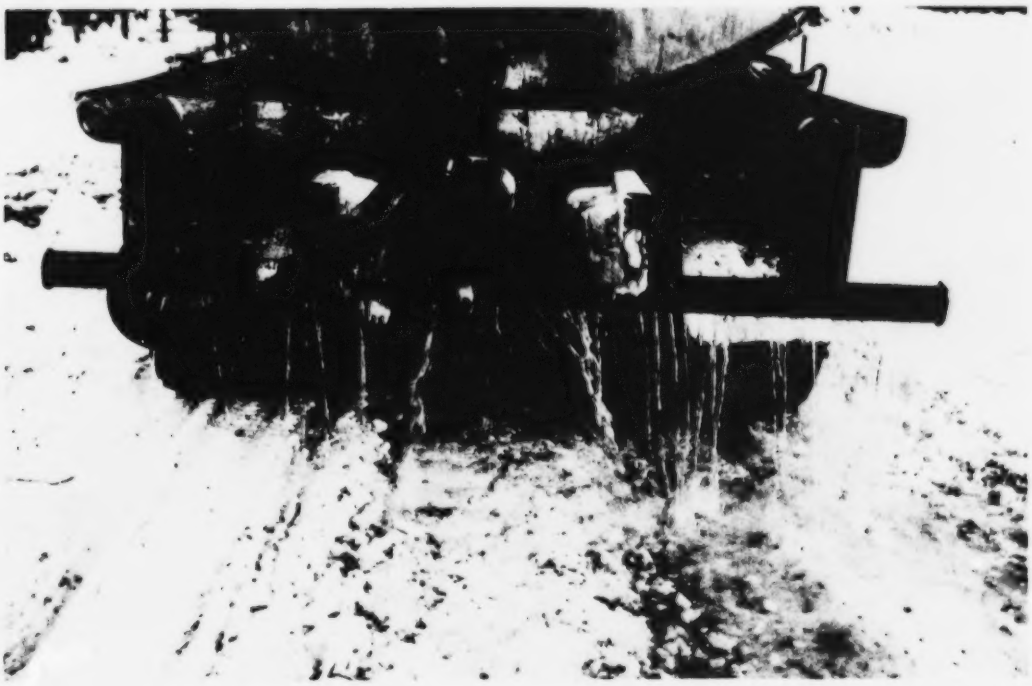
Construction

La construction des routes de neige recouvertes de glace suit les mêmes étapes que la construction des routes de neige tassée ou traitée sauf qu'on ajoute une étape supplémentaire: l'addition d'eau à la surface de la route. Si on est à proximité d'un point d'eau et qu'on dispose d'une pompe et d'un camion citerne, il est relativement simple de transformer une route de neige en une route recouverte de glace. Il suffit de recouvrir d'eau la surface de la route de neige à l'aide d'un boyau, d'un jet ou d'un pulvérisateur. En l'espace de quelques heures, la route sera assez solide pour permettre la circulation de voitures munies de pneus pourvu que les températures soient inférieures au point de congélation.

Normalement, il suffit d'un pouce (2,5 centimètres) d'eau pour recouvrir de glace une route de neige. Il faudrait donc 66 000 gallons (300 000 litres) d'eau pour fournir le pouce (2,5 centimètres) d'eau nécessaire pour recouvrir de glace une route de 24 pieds (7 mètres) de large sur une distance de 1 mille (1,6 kilomètre).

L'arrossage de la surface doit se faire en une seule opération. Le débit de l'eau doit être contrôlé afin d'éviter les fuites ou une accumulation excessive d'eau, cette dernière augmentant la formation de canaux et d'ornières, autres sources de pertes d'eau.

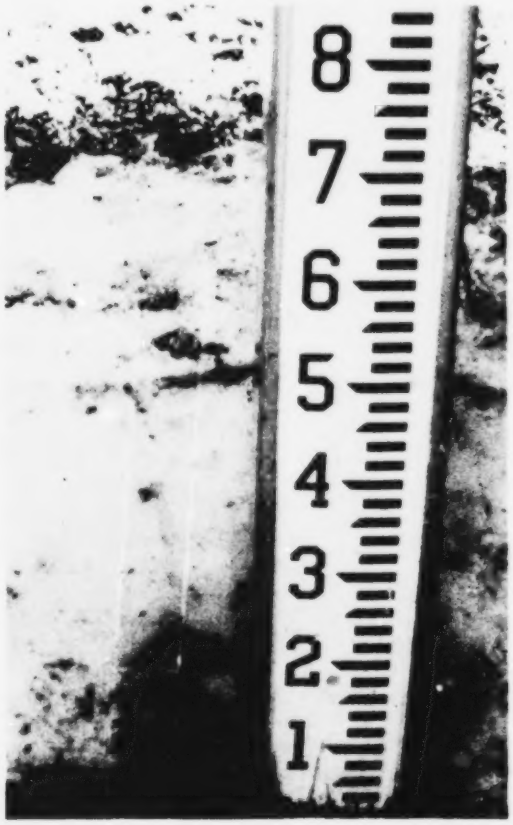
Le camion citerne qui sert au transport de l'eau doit être équipé à l'arrière d'une rampe d'épandage qui permet d'arroser immédiatement dernière le camion ou sur une voie adjacente. On doit pouvoir régler le débit d'eau soit par la grosseur du bec, la pression ou la vitesse du véhicule. On a constaté que les routes de neige qui se brisent après plusieurs passages de véhicules légers peuvent parfois supporter quelques passages de véhicules lourds munis de pneus à haute pression qui sont utilisés pour le recouvrement de glace. On a aussi remarqué qu'on pouvait, sans causer de dégâts, passer à trois reprises avec des camions citernes vides 15 minutes après l'arrosage.



Camion citerne muni d'une rampe d'épandage. Les pneus laissent des marques à la surface de la route mais ne la brisent pas. (K.M. Adam)

La méthode qui consiste à utiliser un boyau d'arrosage pour recouvrir des routes de glace produit parfois des fuites d'eau et des points faibles sur la route. (K.M. Adam)

Section d'une route de neige recouverte de glace. L'eau colorée montre l'inégalité du lit de la route causée par la formation de chenaux et par le maniement. (K.M. Adam)



Coupe latérale normale d'une route de neige recouverte de glace. L'épaisseur varie d'un point à un autre selon le microrelief. (K.M. Adam)

Si l'on se rend compte qu'une route de neige ne peut porter la circulation régulière d'une route recouverte de glace, on ne doit y faire circuler que les véhicules exercant une faible pression sur le sol. Lorsqu'on a terminé la construction d'une voie, on peut construire l'autre voie à partir de cette première. On a réussi avec succès à faire passer des milliers de véhicules lourdement chargés dont les charges maximales d'essieux étaient de 18 000 livres (8 000 kilogrammes) sur une route recouverte de 8 pouces (20 centimètres) de glace. On avait à ce moment-là appliqué 1 pouce (2,5 centimètres) d'eau. On s'était servi de boyaux pour l'arrossage et il y avait eu d'énormes pertes d'eau. On a réussi à faire circuler des camions chargés sur une route de neige "traitée" sur laquelle on avait répandu 3/4 de pouce (près de 2 centimètres) d'eau.

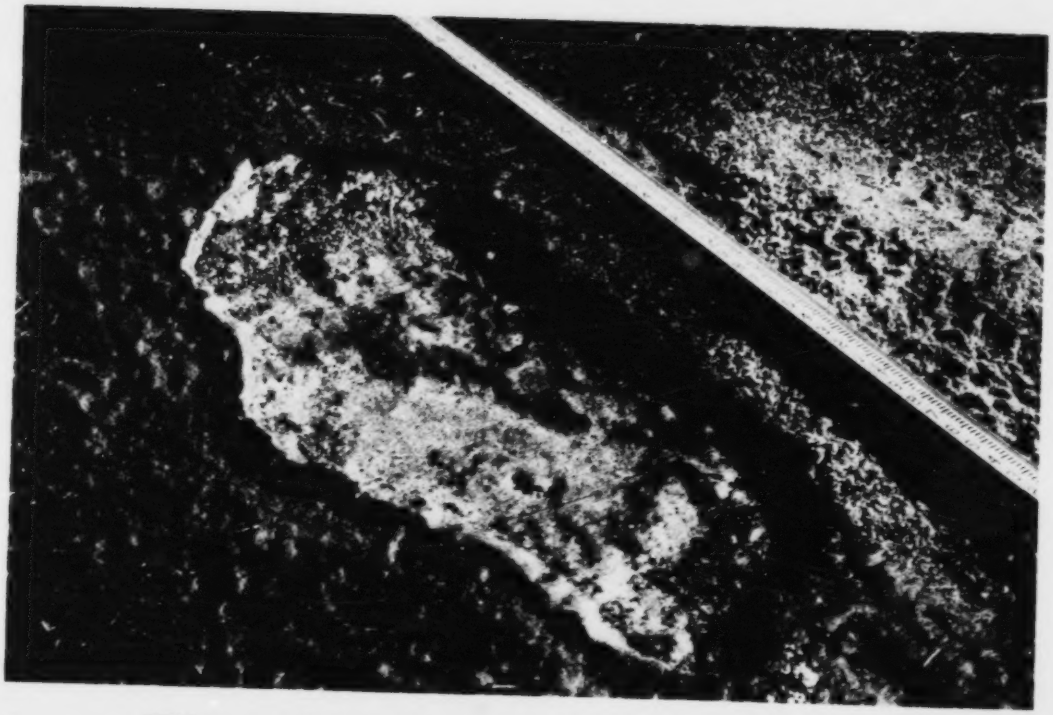
Exploitation et entretien

L'exploitation et l'entretien des routes de neige recouvertes de glace sont les mêmes que pour les routes de neige tassée. Voir la partie qui traite de l'exploitation et de l'entretien des routes de neige tassée.

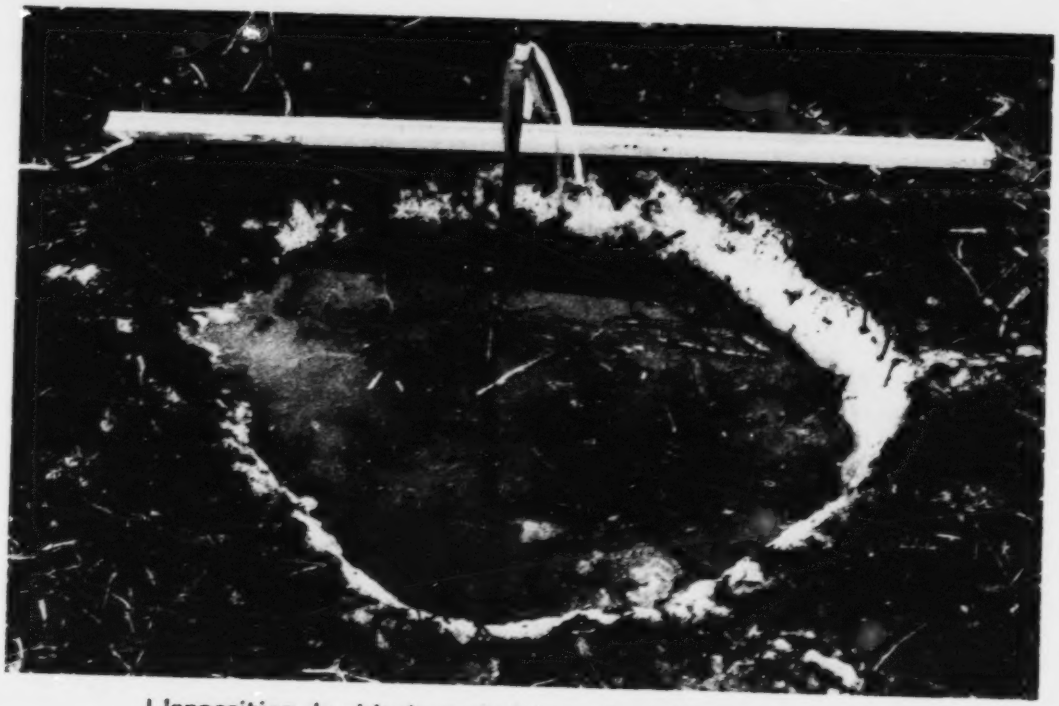
Fermeture

Les routes de neige recouvertes de glace sont soumises aux mêmes règles de fermeture que les routes de neige tassée.

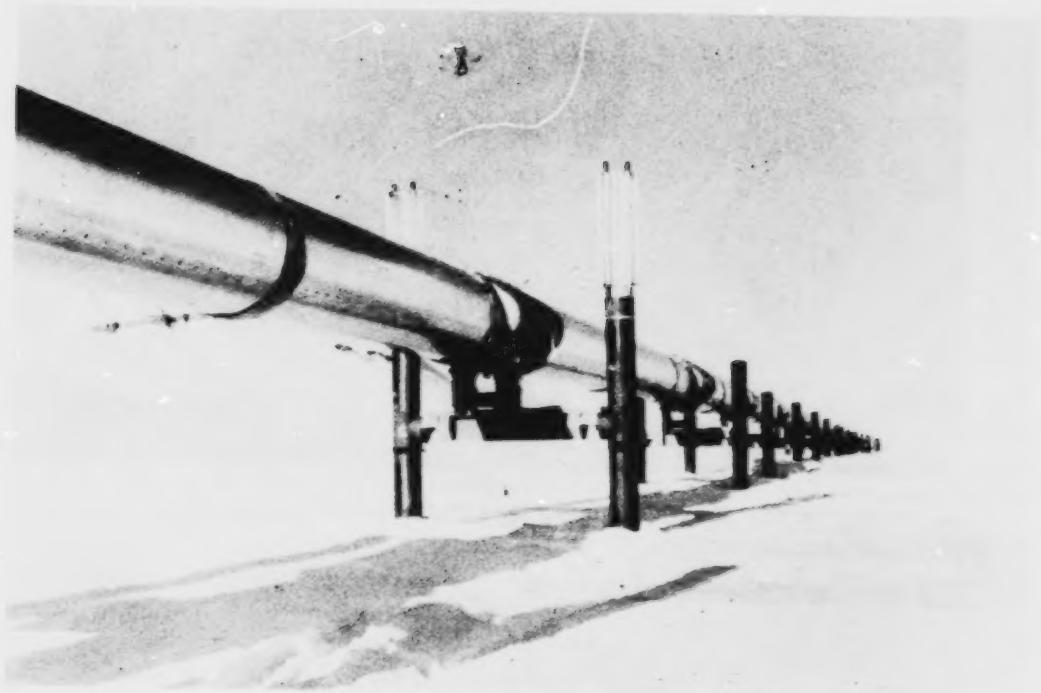
Les points faibles dûs au tassement insuffisant du sous-sol ont produit cette rupture dans une route de neige recouverte de glace. (K.M. Adam)



"Effritement" de la surface d'une route de neige recouverte de glace. (K.M. Adam)



L'apparition de nids de poule à la surface d'une route de neige recouverte de glace indique qu'il faudra bientôt fermer cette route. Les surfaces foncées n'apparaissent que pendant la première année d'exploitation si on a utilisé des matériaux organiques mélangés avec de la neige pendant l'effartage de l'emprise. (K.M. Adam)



On s'est servi de routes construites à l'aide de neige fabriquée mécaniquement pour protéger le terrain fragile lors de la construction de courts tronçons du pipeline de l'Alyeska. (K.M. Adam)

ROUTES DE NEIGE FABRIQUÉE MÉCANIQUEMENT

Lorsqu'on doit construire une route d'hiver et que le site choisi n'offre pas assez de neige et n'assure pas la protection du terrain contre toute perturbation de surface, une solution se présente: utiliser de la neige fabriquée mécaniquement.

Voilà une nouvelle méthode mise sur pied lors de la construction de pipelines dans le Nord quand les chutes de neige s'avéraient très faibles. Quoique très coûteuses, ces routes ont été utilisées avec succès lors de la construction de courts tronçons du pipeline Alyeska en Alaska, afin de protéger certains sols et certaines végétations très fragiles ainsi que pour traverser des ruisseaux dans les Territoires du Nord-Ouest.

Choix du tracé

Il faut des volumes d'eau considérables pour la construction de routes de neige fabriquée mécaniquement. Les tracés doivent donc être faits pour réduire le plus possible les distances de transport de l'eau.

On ne doit pas prendre plus de 10% du volume du débit des ruisseaux, des rivières ou des lacs, donc, il ne faut pas retirer de ces seules sources tout le volume d'eau requis.

Pour obtenir des renseignements d'ordre général sur le choix des tracés de routes de neige fabriquée mécaniquement, voir la partie intitulée: choix du tracé des routes de neige tassée.

Construction

La neige devant servir à la construction de la route peut être fabriquée à l'endroit où l'on prend l'eau et transportée au chantier de construction, ou on peut procéder à l'inverse, soit transporter l'eau au chantier pour la transformer, là, en neige. Le choix dépend en grande partie de la disponibilité de camions munis de pompe ou de camions citernes. Dans les deux cas, il y aura beaucoup de transport et il faudra généralement construire une route de neige reliant la source d'eau à l'emplacement de la route.

Il existe deux genres d'appareils pour fabriquer la neige: l'un qui fonctionne à l'air comprimé et l'autre sans air. Généralement, l'appareil qui fonctionne à l'air comprimé est muni d'un bec relié aux arrivées d'eau et d'air comprimé. Le mélange air-eau est poussé sous pression dans l'air ambiant à partir du bec selon des trajectoires variables; la chaleur baisse et il se forme alors des cristaux de neige qui retombent sur le sol. Dans le système dénommé "sans air", la trajectoire du mélange air-eau est produite par un ventilateur.

La fabrication de la neige est une tâche assez complexe. A moins d'avoir beaucoup d'expérience dans ce domaine, les constructeurs de routes de neige auraient avantage à consulter les personnes qui travaillent dans ce domaine spécifique.

Les appareils à fabriquer la neige ont d'abord été conçus pour l'industrie du ski de pentes, quoique récemment la construction de routes de neige ait favorisé la création d'appareils plus puissants. Actuellement, le rendement moyen des appareils utilisés pour le ski est de 120 pieds cubes (3,4 mètres cubes) de neige par minute, à des densités allant de 18 à 32 livres par pied cube (0,30 à 0,50 gramme par centimètre cube). Un tel appareil fonctionnant pendant environ 22 heures par jour (2 heures de temps mort), peut produire suffisamment de neige pour construire 1.25 mille (2 kilomètres) de route de 24 pieds (7,3 mètres) de largeur et d'une épaisseur moyenne de 10 pouces (25 centimètres).

On travaille présentement à la mise au point d'un appareil plus élaboré pour fabriquer la neige, appareil dont on se servira dans la construction des routes de neige dans les projets de pipelines de l'Arctique. Il aura une capacité de 500 gallons impériaux d'eau (14 000 litres) à la minute: muni d'un moteur à hélice, de 400 chevaux-vapeur (300 000 watts) à l'heure, cet appareil pourrait fournir suffisamment de neige en 12 heures pour construire une route de 30 pieds (9 mètres) de large, de 1 mille de long (1,6 kilomètre) et d'une épaisseur de 2 pieds (0,6 mètres).

Si la neige est fabriquée à la source d'eau, on peut la charger sur des camions à bascule à l'aide d'une chargeuse à godet avant et la décharger sur la route. On peut aussi fabriquer la neige au chantier même de la route grâce à un équipement portatif et distribuée selon les besoins. Dans les deux cas, la route est construite à l'aide de bulldozers et généralement tassée par des passages répétés du bulldozer à chenilles et égalisée avec le dos de la lame. On a constaté que la neige fabriquée mécaniquement contenait assez d'humidité pour que le tassement suffise à assurer la densité et la dureté nécessaire à la circulation. De plus, il peut arriver à la neige artificielle de geler sur place à une densité de 25 livres par pied cube (0,40 gramme par centimètre cube) et de supporter le poids de la circulation sans qu'il soit nécessaire de la niveler ou de la tasser. La raison, c'est qu'en dépit de sa faible densité, la neige fabriquée mécaniquement contient suffisamment d'eau entre ses cristaux pour permettre à la route de geler en une surface dure mais poreuse.

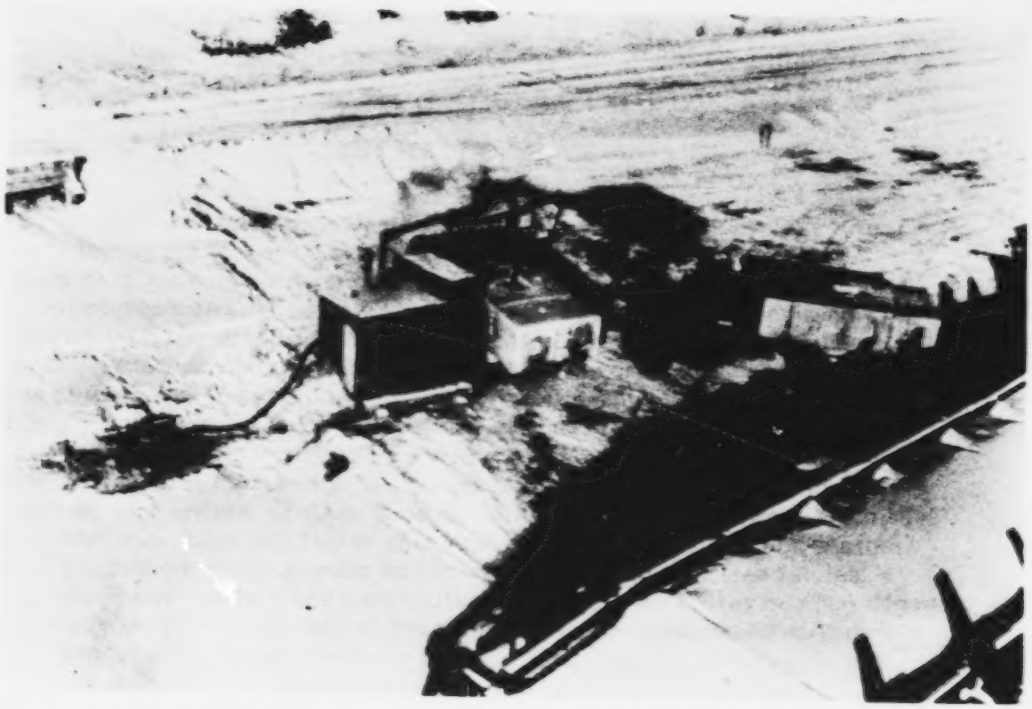
S'il est nécessaire de tasser la neige, ce travail sera accompli plus rapidement à l'aide de traîneaux niveleurs lourds ou de rouleaux compresseurs que par des véhicules à chenilles.

Exploitation et entretien

L'exploitation et l'entretien des routes de neige artificielle sont les mêmes que pour les routes de neige tassée. Voir la partie qui traite de l'exploitation et de l'entretien des routes de neige tassée.

Fermeture

La fermeture des routes de neige artificielle suit les mêmes règles que les routes de neige tassée.



Installation de pompage pour le remplissage des camions citernes. De telles installations sont nécessaires lorsque l'entrepreneur choisit de transporter l'eau jusqu'à l'appareil servant à fabriquer la neige situé à l'emplacement de la route. Une autre possibilité consiste à installer les appareils à fabriquer la neige près de la source d'eau et à transporter la neige à l'emplacement de la route.

Routes de glace sur le fleuve Mackenzie. (Gulf Oil Limited)

ROUTES DE GLACE

Il existe trois grandes catégories de routes de glace: les routes de glace solide, les routes de granulats et les routes d'hiver sur la glace. La route de glace solide est un revêtement de glace construit sur le sol par l'application répétée de plusieurs couches d'eau jusqu'à ce que l'épaisseur et l'égalité voulues soient obtenues. Ces routes sont utilisées parfois dans les secteurs plats et dans la toundra. Les routes de granulats de glace constituent la plus récente méthode de construction de routes d'hiver. Les routes sont construites à l'aide de "granulats", morceaux de glace qui ont été taillés par éclat sur des surfaces d'eau gelée et déposés sur la chaussée. On lie les granulats les uns aux autres en les arrosant. Les routes construites à l'aide de granulats de glace en sont encore au stade expérimental et n'ont pas encore été utilisées dans la pratique. Leur utilisation sera restreinte exclusivement aux secteurs qu'il faut atteindre en hiver mais où les chutes de neige sont très faibles. Les routes d'hiver sur la glace sont toute simplement des routes que l'on dégage sur les surfaces gelées des lacs et des rivières. Ces routes constituent de loin la catégorie de routes d'hiver la plus utilisée.

Route de glace solide presque terminée. (Gulf Oil Limited)

LES ROUTES DE GLACE SOLIDE

Les routes de glace solide constituent la meilleure catégorie de routes d'hiver. Sans être endommagées, elles peuvent supporter des charges plus lourdes et une circulation plus dense que toute autre catégorie de routes d'hiver. La construction de ces routes est plutôt simple et elles requièrent très peu d'entretien.

Les routes de glace solide conviennent aux terrains relativement plats et aux secteurs où la neige naturelle n'est pas suffisante à la construction des routes de neige. Toutefois, parce qu'elles coûtent très cher à construire et qu'il est assez difficile d'avoir accès à des sources d'eau dans les secteurs de l'Arctique durant l'hiver, leur utilisation est limitée.

Choix du tracé

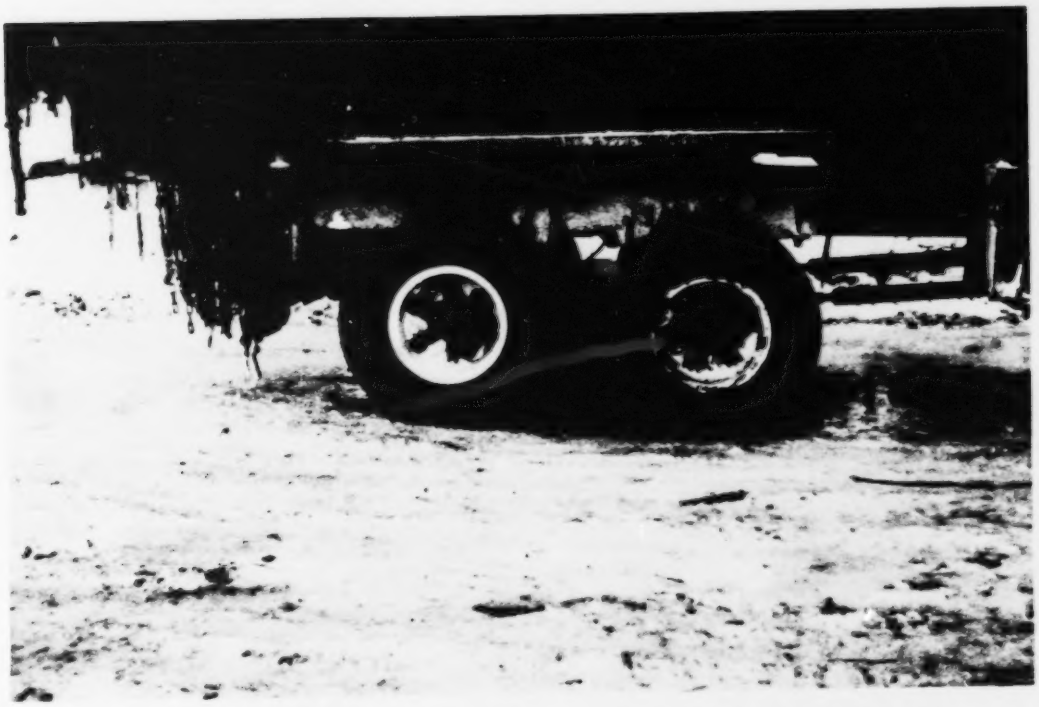
C'est surtout la facilité d'accès aux sources d'eau qui détermine le choix du tracé. La nécessité de construire de longs chemins d'accès et les coûts de transport trop élevés peuvent empêcher la construction de routes de glace. En effet, les camions-citernes doivent pouvoir atteindre les sources d'eau, être remplis rapidement et franchir les pentes situées sur le chemin du retour dans un délai raisonnable.

Les sources d'eau comprennent les lacs ou les ruisseaux dont le volume est suffisant pour fournir les grandes quantités d'eau nécessaires à la construction des routes de glace (plus de 400 000 gallons par mille) (1 million de litres par kilomètre). Mais il faut laisser des quantités suffisantes d'eau dans les sources d'eau pour assurer la survie des poissons qui y hivernent.

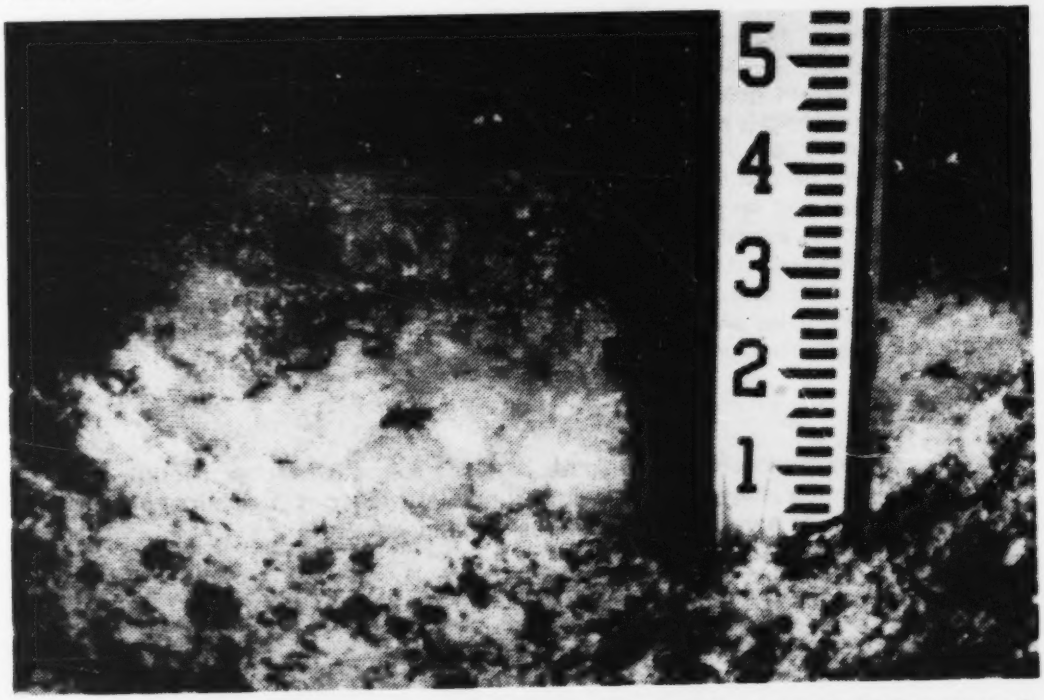
Autant que possible, il faut tracer la route sur un terrain plat. Plus le sol est inégal, plus la route devra être épaisse. On doit éviter les pentes supérieures à 5 degrés en raison des difficultés de construction et des problèmes de traction et de sécurité. En augmentant la rugosité de la couche de surface, on pourra peut-être se permettre de construire des pentes légèrement plus abruptes. Il faut aussi éviter les pentes latérales car elles demandent des quantités supplémentaires de glace pour égaliser le côté inférieur afin d'obtenir une surface uniforme. Dans la mesure du possible, il faut éviter les secteurs dont les sols accusent une forte teneur en glace, source de sérieux dangers de perturbation du sol.

Construction

Pour construire une route de glace solide,il faut un tracteur à chenilles de taille moyenne, un traîneau niveleur léger et plusieurs camions-citernes munis de pompes et de rampes d'épandage.



Même au début des travaux de construction, les routes de glace solide sont assez résistantes pour supporter de lourds camions-citernes. (K.M. Adam)



Coupe transversale d'une route de glace solide. Le sol a été recouvert d'une couche de neige avant l'arrosage. (K.M. Adam)

Les routes de glace solide

Il faut d'abord préparer le lit de la route à recevoir l'eau. S'il y a de la neige, on peut s'en servir pour remplir les trous. On doit laisser le lit de la route durcir par vieillissement pendant 4 à 5 heures, sans aucune circulation, avant de commencer à arroser.

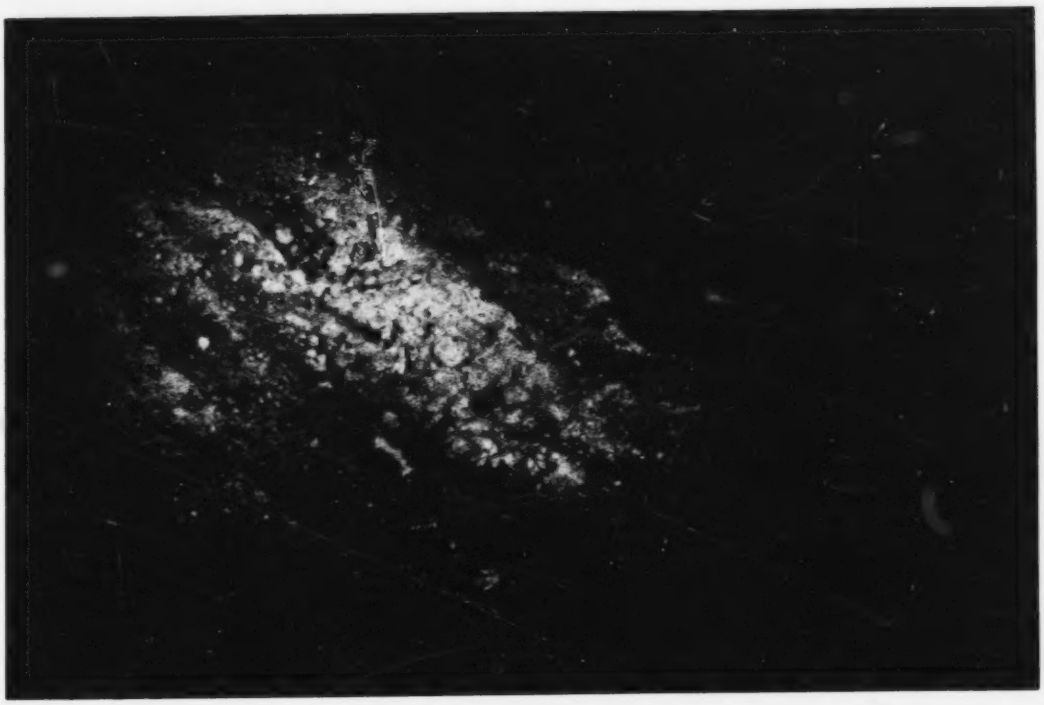
On utilise des camions-citernes munis de rampes d'épandage assurant une distribution égale de l'eau. Au premier passage, on arrose suffisamment pour bien mouiller la neige accumulée dans les trous. Il est préférable de former le plus tôt possible, une couche de glace sur le sol afin d'éviter que les arrosages ultérieurs ne pénètrent dans le sol avant de geler. L'arrosage se poursuit à un rythme qui empêchera des accumulations d'eau supérieures à 2 pouces (5 centimètres). Il faut espacer suffisamment les passages pour permettre à l'arrosage antérieur de geler. Il faut plusieurs arrosages avant que la glace soit suffisamment prise pour former une surface lisse capable de supporter les charges prévues. Dans les endroits élevés, la glace devra avoir au moins 2 pouces d'épaisseur (5 centimètres).

Il faut empêcher l'eau de glisser d'un seul côté de la chaussée, formant ainsi un côté de glace mince au-dessus du terrain. Dans les tronçons de route en pente, il faut faire bien attention et s'assurer que la glace se forme uniformément.

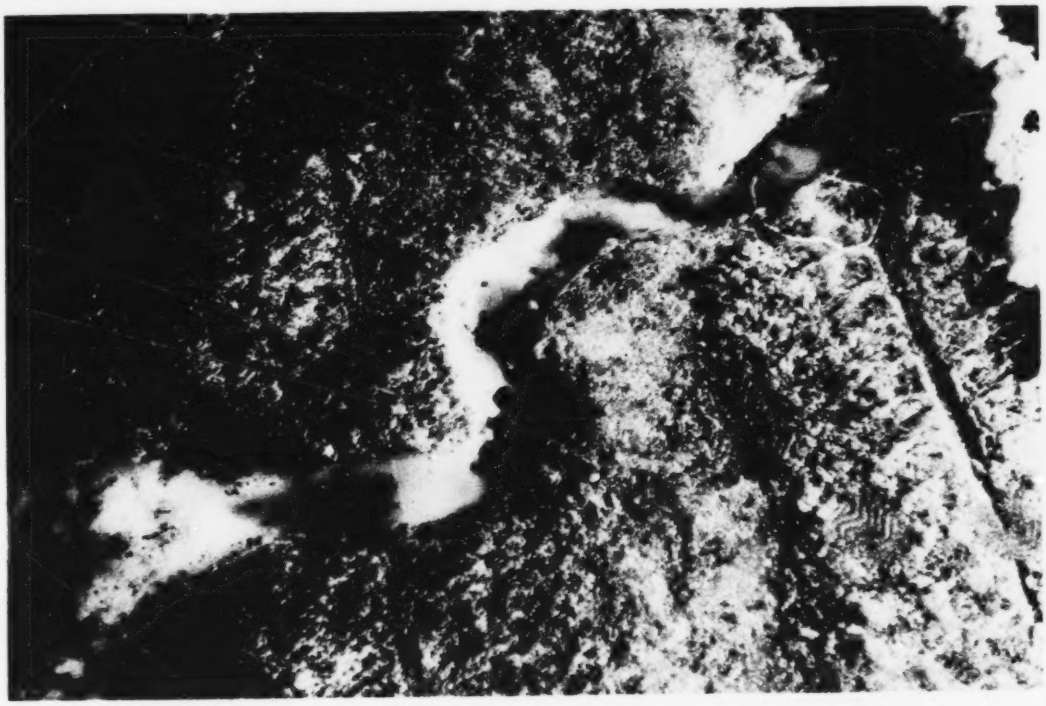
Exploitation et entretien

Dès que la route de glace est suffisamment gelée, on peut en commencer l'exploitation. Très peu de problèmes sont à prévoir pendant les périodes de grands froids où il n'y a pas de chute de neige; toutefois, avec la hausse des températures et les acccumulations de neige sur la route, la glace peut devenir glissante et il faudra alors réduire la vitesse des véhicules. Le sablage de la surface, surtout dans les courbes et dans les pentes, augmentera la traction mais le sable rendra la surface plus foncée et favorisera la fonte pendant les températures plus chaudes. On peut mettre des chaînes sur les pneus mais on risque d'endommager la route.

De façon générale, l'entretien des routes de glace se limite au dégagement de la neige et à la réparation de certains points de la surface. Les réparations peuvent se faire facilement avec de l'eau ou un mélange de neige et d'eau en remplissant les fissures et en laissant le tout geler. Généralement, on peut réparer les dommages causés à la surface de la route par les pneus munis de chaînes par un arrosage généreux du secteur endommagé, en utilisant un camion muni d'une rampe d'épandage. En limitant l'éraflage de la surface et en tassant les chutes de neige légères, on peut améliorer la traction.



Fissures sur une route de glace solide. De telles fissures sont relativement rares. (K.M. Adam)



Le minage souterrain et les ornières sur une route de glace annoncent la fermeture imminente de la route. (K.M. Adam)

Fermeture

Des observations de la détérioration, prélude de la fermeture de tronçons d'essai de route de glace, démontrent que la fermeture des routes de glace se fait en fonction de la température diurne de l'air. Lorsque les températures sont à la hausse et que des plaques d'eau apparaissent sur la route, c'est le signal de détériorations possibles. Des trous de drainage et des ornières dans la glace indiquent que la détérioration a atteint le point où la fermeture ou la restriction à la circulation de nuit peuvent devenir nécessaires dans un délai très court. Lorsque des trous en forme de soucoupe apparaissent et que ces trous retiennent ou rejettent l'eau au passage des véhicules, c'est là le signe que la route est devenue très mince et qu'il y a danger de fissures définitives à ces endroits. La route peut commencer à se briser dans les endroits où les branches d'arbres ou d'autres débris emprisonnés dans la glace commencent à apparaître à travers la glace. Passé ce stade, la route peut permettre la circulation d'urgence, limitée à la nuit, si les températures nocturnes baissent suffisamment pour que la surface glacée gèle à nouveau. Il sera probablement nécessaire de fermer définitivement la route dans quelques jours.

C'est un inspecteur expérimenté dans l'utilisation des terres qui est le plus apte à déterminer la date de fermeture et c'est lui qui fermera la route lorsqu'il sera devenu évident que le terrain risque d'être endommagé.

Route de glace solide au printemps, peu avant la fermeture.
(K.M. Adam)

Route de granulats de glace, un des nombreux emplacements d'essais de l'Alaskan Arctic Gas à Fairbanks. (K.M. Adam)

ROUTES DE GRANULATS DE GLACE

L'utilisation de granulats de glace est une méthode nouvelle de construction de routes d'hiver. Elle a été élaborée par la Alaskan Arctic Gas Pipeline Company pour protéger les terrains fragiles contre la circulation lourde dans les secteurs où le manque de neige ou de source d'eau empêche l'utilisation de routes de neige ou de glace solide. Les routes de granulats de glace peuvent être utilisées comme route d'hiver de surface dans les secteurs où la glace est abondante.

Dans les secteurs côtiers, on utilise la glace de la surface des étangs, des lacs, des rivières et peut-être aussi des mers gelées.* Cette glace est brisée pour former des granulats; elle est chargée dans des camions et transportée sur l'emprise de la route. Quoique les premiers essais réalisés durant l'hiver de 1976-1977, près de Fairbanks en Alaska, connurent un grand succès, les routes de granulats de glace n'ont pas encore été utilisées dans la pratique. Comme c'est le cas pour les routes de neige fabriquée mécaniquement et pour les routes de glace solide, les routes de granulats de glace requièrent le transport de grandes quantités de matériaux. C'est principalement pour cette raison que la construction des routes de granulats de glace est si coûteuse.

Normalement, les routes de granulats de glace sont construites pour des exploitations terrestres spécifiques comme la construction de pipelines. Autrement, la route suivrait normalement les surfaces gelées des étangs, des lacs ou des rivières, permettant ainsi la construction d'une catégorie de routes d'hiver beaucoup moins coûteuse. On peut construire en surface des routes de granulats de glace entre les lacs pour réunir les routes d'hiver construites sur la glace.

Quoique ces routes d'hiver n'aient été utilisées qu'à titre expérimental, les premiers essais démontrent qu'elles pourraient être aussi utiles sinon davantage que les routes de neige fabriquée mécaniquement. Il semble qu'elles requièrent moins d'équipement spécialisé mais elles demeureront très coûteuses à cause des frais de transport. Un des inconvénients est qu'il n'est pas possible de commencer tôt la construction de ces routes car la glace doit avoir une certaine épaisseur avant qu'on puisse en entreprendre la taille. De plus, à moins que les cours d'eau ne soient gelés jusqu'au fond, la sécurité des hommes et du matériel devient un souci primordial surtout que pour exécuter cette opération, il faut réduire l'épaisseur de la glace.

Choix du tracé

Les routes de granulats de glace devraient suivre le plus près possible les sources de glace afin de réduire les coûts de transport et du même coup, la longueur de la route devant relier le lieu qui fournit la glace au point d'arrivée de cette dernière. Puisqu'on a besoin d'eau pour agglomérer les granulats, il faut aussi tenir compte de l'accès aux sources d'eau.

*On n'a pas encore déterminé les effets sur la végétation du sel provenant de la glace de mer.

Puisque les routes de granulats de glace offrent une meilleure traction que les routes de glace solide, elles peuvent comporter des pentes plus abruptes. Elles conviennent probablement mieux aux terrains inégaux que les routes de glace solide mais pour la plupart des routes d'hiver, il faut éviter dans la mesure du possible les secteurs où les terrains sont accidentés et où les sols ont une forte teneur en glace.

Construction

L'équipement de base nécessaire à la construction des routes de granulats de glace comprend un tracteur de taille moyenne utilisé pour remorquer la machine qui sert à tailler les granulats, une chargeuse à godet avant, de nombreux camions-citernes, un tracteur à chenilles de taille moyenne muni d'une lame pour tracer la route et un camion-citerne muni d'un rampe d'épandage pour lier les granulats.

La construction commence par la fabrication des granulats. On a constaté qu'une bêche rotative remorquée par un tracteur muni de pneus donnait un bon rendement. Les granulats doivent contenir un éventail complet de particules allant jusqu'à environ 2 pouces (5 centimètres) afin de diminuer le volume des vides dans la route.

Pour construire une chaussée de 24 pieds (7,2 mètres) ayant une épaisseur moyenne de 1 pied (0,3 mètre) il faut 5 900 verges cubes de granulats de glace par mille (2 800 mètres cubes par kilomètre). Une petite bêche expérimentale a produit suffisamment de granulats pour construire une telle route au rythme de 0.6 mille par jour (1 kilomètre par jour). On espère obtenir des taux de production beaucoup plus rapides grâce à des appareils pour la fabrication de granulats actuellement en voie d'élaboration.

On doit tailler les granulats de glace le long des côtes et dans des secteurs gelés jusqu'au fond. Ainsi on risque moins la rupture de la glace sous le poids des hommes et du matériel mais il est possible de perturber la vie aquatique. Il est souhaitable que des biologistes et des écologistes en faune aquatique participent au choix des emplacements destinés à la taille. Lorsque les granulats ont été taillés, ils sont chargés dans des camions à bascules à l'aide de chargeuses à godet avant et transportés à l'emplacement de la route.

De façon générale, il ne sera pas nécessaire d'apprêter l'emplacement car les routes de granulats de glace sont normalement construites dans des secteurs où les chutes de neige sont faibles. Les camions doivent déverser les granulats directement sur le sol et on se sert d'un tracteur pour aménager la route à l'épaisseur et à la largeur désirées. Les pentes latérales semblent présenter une stabilité normale. Pour la finition de la route, des camions-citernes déverseront jusqu'à une épaisseur de 1 pouce (2,5 centimètres) d'eau.

Si les camions-citernes forment des ornières, on peut construire en alternant d'une voie à l'autre, ou bien, placer les réservoirs d'eau sur des traîneaux et les remorquer à l'aide de tracteurs à chenilles. Par "autre voie de construction", on entend la construction d'une voie nivelée pendant que l'on étend une couche de 3 à 4 pouces (8 à 10 centimètres) de granulats sur

une première voie afin d'empêcher les camions-citernes d'endommager le terrain. Une fois la voie nivelée achevée et arrosée, on y fait circuler les camions-citernes qui serviront à l'arrosage de la première voie.

Après l'arrosage, il faut attendre plusieurs heures avant que de lourds ou de nombreux véhicules puissent y circuler. Ceci permettra aux granulats de se lier les uns aux autres et de geler avant l'ouverture de la route à la circulation.

Exploitation et entretien

On a très peu d'expérience relative à l'entretien et à l'exploitation des routes de granulats de glace. Sur des tronçons expérimentaux, on a enregistré jusqu'à 1 000 passages de camions chargés de gravier sans constater de problèmes. On espère que la traction sera meilleure sur les routes de granulats de glace que sur les routes de glace solide et qu'il sera possible d'y circuler à des vitesses plus élevées. L'entretien des routes de granulats de glace devrait être réduit au minimum. S'il se forme des nids de poule, on peut réparer la surface de la route en y ajoutant des granulats et de l'eau. L'enlèvement de la neige sera aussi réduit au minimum car ces routes seront construites en des endroits à très faibles chutes de neige. Vu l'élévation de la route, la neige soufflée par le vent ne pourra pas s'accumuler. Les légères chutes de neige ne nuiront pas car elles seront tassées à mesure par la circulation. On devra dégager les amoncellements ou les chutes de neige d'importance avant que des cahots ne se forment. Les niveleuses motorisées ou les chasse-neige devraient suffire à l'enlèvement de la neige.

Fermeture

Les routes de granulats de glace suivent les mêmes règles de fermeture que les routes de glace solide quoiqu'elles peuvent être fermées plus tôt que celles-ci si les véhicules commencent à s'embourber. Pour plus de détails, voir la partie qui traite de la fermeture des routes de glace solide.

Route d'hiver sur la glace. Les fissures sont dues aux changements de température (Department of Northern Saskatchewan).

ROUTES D'HIVER SUR LA GLACE

Les routes d'hiver sur les lacs et les rivières furent à un moment donné plus nombreuses qu'aujourd'hui. Le danger que représentait la circulation sur la glace, qui était en fonction de la résistance de la glace aux conditions atmosphériques, a réduit l'utilisation de ces routes qui aujourd'hui, doivent leur existence aux coûts de construction très élevés des routes sur terre.

La construction de routes sur la glace demande très peu de travaux de préparation, elle se fait rapidement, ne côute pas cher et demande peu d'entretien. De façon générale, elle se ramène à dégager la neige qui recouvre la glace. Ceci permet à la glace d'épaissir naturellement et rapidement jusqu'à ce qu'elle puisse porter des charges lourdes. L'entretien consiste à enlever la neige, à en vérifier l'épaisseur et à faire la vérification régulière des fissures qui apparaissent dans la glace.

Choix du tracé

Les routes d'hiver construites sur les lacs gelés et sur les rivières suivent normalement des tracés qui permettent de profiter des emplacements de portage utilisables. Naturellement, les lacs et les rivières sont rarement alignés de façon à permettre la construction des routes de transport les plus efficaces entre deux points. On choisit normalement les portages courts car les portages sont généralement les tronçons de route d'hiver les plus accidentés et les plus difficiles. La sécurité doit primer surtout dans le choix du tracé entre les portages. Le tracé en ligne droite n'est pas particulièrement important car les coûts de construction par unité de distance sont très bas (quoiqu'il faille tenir compte des coûts de transport des chargements).

Il faut éviter les lacs et les rivières qui servent à la production hydro-électrique à cause de grandes variations des niveaux d'eau susceptibles d'affaiblir la couverture de glace. Les retraits d'eau importants sont moindres dans les grands biefs d'amont que dans les petits. On a même utilisé des grands biefs d'amont là où les variations d'eau étaient importantes pour y tracer des routes d'hiver sur la glace lorsque la pente côtière était faible et la glace prise jusqu'au fond.

Le choix d'un tracé sûr pour les routes d'hiver sur la glace demande certaines connaissances des conditions qui prévalent dans l'eau qui se trouve sous la glace. Il faut éviter les courants rapides ou chauds que l'on trouve parfois aux endroits où les rivières et les ruisseaux se jettent dans les lacs. La plupart des opérateurs d'équipement évitent ces secteurs en les contournant. Les crêtes de pression qui soulèvent la couverture de glace des cours d'eau importants et qui sont causées par les changements de direction du vent et par les conditions atmosphériques ne doivent être franchies que si l'on ne peut faire autrement. La sécurité supplémentaire obtenue en contournant ces crêtes de pression doit primer sur le temps qui pourrait être gagné en les traversant. Les crêtes de pression ont tendance à se former presqu'au même endroit à chaque année. Les constructeurs de routes qui connaissent bien le secteur peuvent souvent déterminer à l'avance l'emplacement des crêtes de pression.

On retrouve souvent des flaques d'eau libre ou chenaux pendant tout l'hiver, surtout dans les rivières à fort courant. On serait bien avisé de se tenir éloigné de ces chenaux même si la glace qui les entoure peut paraître épaisse.

Construction

La construction de routes sur la glace est simple. Lorsqu'il y a suffisamment de glace sur un lac ou sur une rivière, une équipe de vérification qui se déplace en autoneige ou "bombardier" commence la vérification de l'épaisseur de la glace. On procède à l'enlèvement de la neige sur la glace afin d'accélérer son épaississement dès que l'équipe de vérification a déterminé que la glace a atteint une épaisseur de 10 à 12 pouces (25 à 30 centimètres), épaisseur à laquelle elle peut supporter le poids de l'équipement léger. L'enlèvement de la neige se fait à l'aide de camions légers munis d'une lame ou de petits tracteurs; à mesure que la glace épaissit, on utilise des charrues plus grandes et plus lourdes pour accélérer cette phase du travail.

On enlève la neige sur une largeur allant de 100 à 200 pieds (30 à 60 mètres); la neige enlevée est entassée sur les côtés. Avec le temps, le poids de la neige fera enfoncer la glace et il se formera parfois des fissures le long des andains. Ces fissures ne représentent aucun danger pour la circulation si elle se fait au centre de la route mais non près des andains.

Les crêtes de pression et les chenaux représentent des dangers pour les constructeurs de routes sur la glace des lacs. Il faut les éviter dans la mesure du possible. Si on doit les traverser, il faut utiliser certaines méthodes de montages comme les ponts de glace ou les rampes construites à l'aide de billes de bois. Toutefois, la traversée présentera quand même un certain danger. On a conçu de l'équipement lourd spécial pour broyer la glace et la niveler, pour la construction des routes d'hiver sur la glace de mer agitée.

Exploitation

Force portante. Selon les conducteurs, la notion de force portante diffère de région en région. En Saskatchewan, les conducteurs utilisent la formule Gold (1960) pour déterminer la force portante:

$$P = Ah^2$$

P = la charge en livres

ou

h = épaisseur de la glace en pouces

A = la constante (recommandée 50)

On utilise des niveleuses pour enlever la neige sur la glace, sur une largeur allant de 100 à 200 pieds (30 à 60 centimètres). (Department of Northern Saskatchewan)

Neige accumulée sur une route de glace. Le poids de la neige accumulée en andains a fissuré la glace le long de l'andain de gauche. (J.D. McMillan)

Formule de Gold transformée en unités métriques:

ou $P = Ah^2$

P = charge en kilogrammes

h = épaisseur de la glace en centimètres

A = constante (recommandée 3,52)

Nota: "A" en mesure métrique "A" = 0,07036 de "A" selon le système de mesure anglais.

En Saskatchewan, les conducteurs ont donné à "A" une valeur allant de 90 à 110, ce qui donne une charge maximale de 72 000 livres (32 500 kilogrammes) pour une épaisseur de glace de 28 pouces (70 centimètres). Il est préférable de donner à "A" une valeur plus faible lorsqu'il s'agit de glace ayant moins de 20 pouces (50 centimètres) d'épaisseur car on obtient ainsi une force portante inférieure.

Au Manitoba, les conducteurs transportent des charges maximales de 80 000 livres (36 000 kilogrammes) sur une épaisseur de glace de 25 pouces (63 centimètres). Dans ce cas, la valeur de "A" est de 130. En donnant à "A" une valeur de 83, une épaisseur de glace de 11 pouces (28 centimètres) permet de supporter 10 000 livres (4 500 kilogrammes).

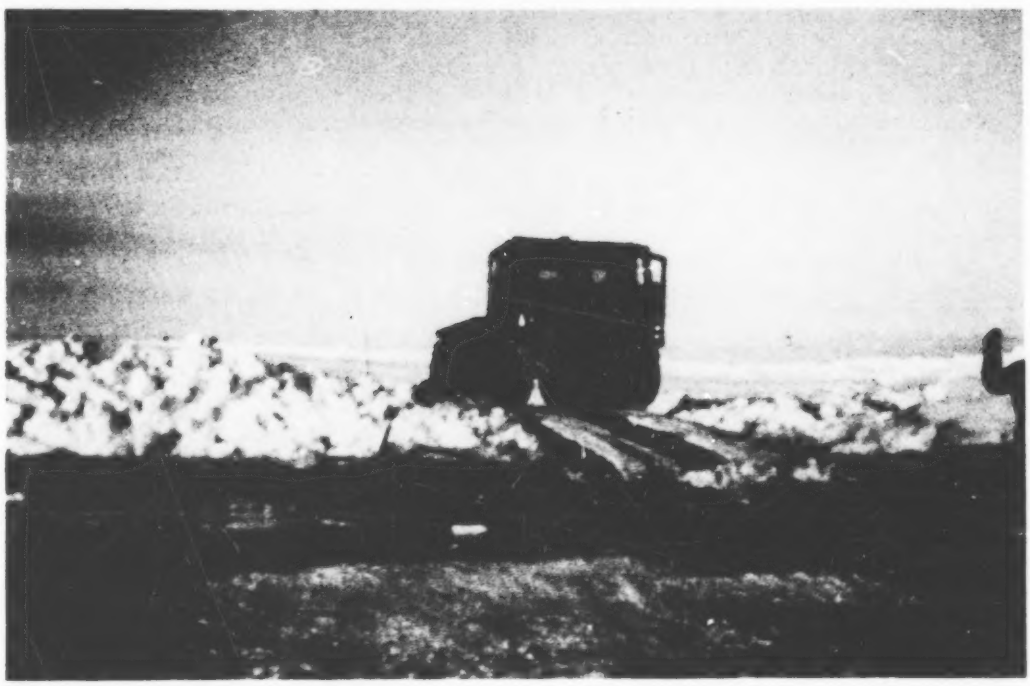
Dans les Territoires du Nord-Ouest, les conducteurs transportent des charges de 56 000 livres (25 450 kilogrammes) sur une épaisseur de 18 pouces (46 centimètres) de glace et des charges de 90 000 livres (40 825 kilogrammes) sur une épaisseur de 36 pouces (92 centimètres) de glace.

Limite de vitesse. Les vitesses sont habituellement limitées sur les routes de glace à cause de la possibilité de dégâts causés par la vague qui se forme sous la glace lorsque les véhicules circulent à grande vitesse. Certains conducteurs insistent pour que les vitesses soient limitées en tout temps. Selon d'autres, on peut réduire la vitesse des véhicules lorsqu'on approche de la côte afin que la vague d'eau qui se déplace vers la côte n'endommage pas la glace au moment où les véhicules y circulent.

Les véhicules produisent aussi des vagues sur la glace. Ces vagues qu'on appelle vagues de glace, varient en importance selon le poids et la vitesse du véhicule. La vitesse critique des véhicules est la vitesse à laquelle sont produites les vagues de glace ayant la plus grande amplitude, elle est généralement considérée comme étant la vitesse à laquelle la couverture de glace subit le plus de dommage. Toutefois en 1976, Eyre et Hesterman ont déterminé que le fissurage maximal de la glace se produit à environ 84% de la vitessse critique.

En 1971, Gold a démontré que dans plusieurs cas, la vitesse critique se situe entre 20 et 30 milles (32 et 48 kilomètres) à l'heure. Si l'on accepte le critère de vitesse critique de 84% déterminé par Eyre et Hesterman,

Il est important de bien indiquer les crêtes de pression afin d'assurer la sécurité des conducteurs et du matériel. (J.D. McMillan)



Des rampes construites à l'aide de billes de bois permettent aux véhicules de traverser sans danger une crête de pression. (Department of Northern Saskatchewan)

cela signifie que les véhicules ordinaires doivent circuler à une vitesse de beaucoup inférieure à 17 milles (27 kilomètres) à l'heure sur la glace naturelle ou sur les ponts de glace.

Gold a aussi recommandé que les véhicules circulent à moins de 10 milles à l'heure (16 kilomètres), sur la glace ayant 30 pouces (75 centimètres) d'épaisseur, ce qui est de beaucoup inférieur à la vitesse critique.

Selon les calculs fait par Assur en 1961, la vitesse sur la glace dépend de la profondeur de l'eau, de l'épaisseur de la glace et du coefficient d'élasticité de la glace. Cette méthode ne serait pas pratique sur le terrain car il faudrait faire des essais en laboratoire pour déterminer le coefficient d'élasticité. De façon générale nous avons élaboré un guide à l'intention des conducteurs; dans ce guide, les vitesses des véhicules ont été déterminées pour deux catégories d'épaisseur de glace et de profondeur d'eau, et ce en fonction des résultats obtenus:

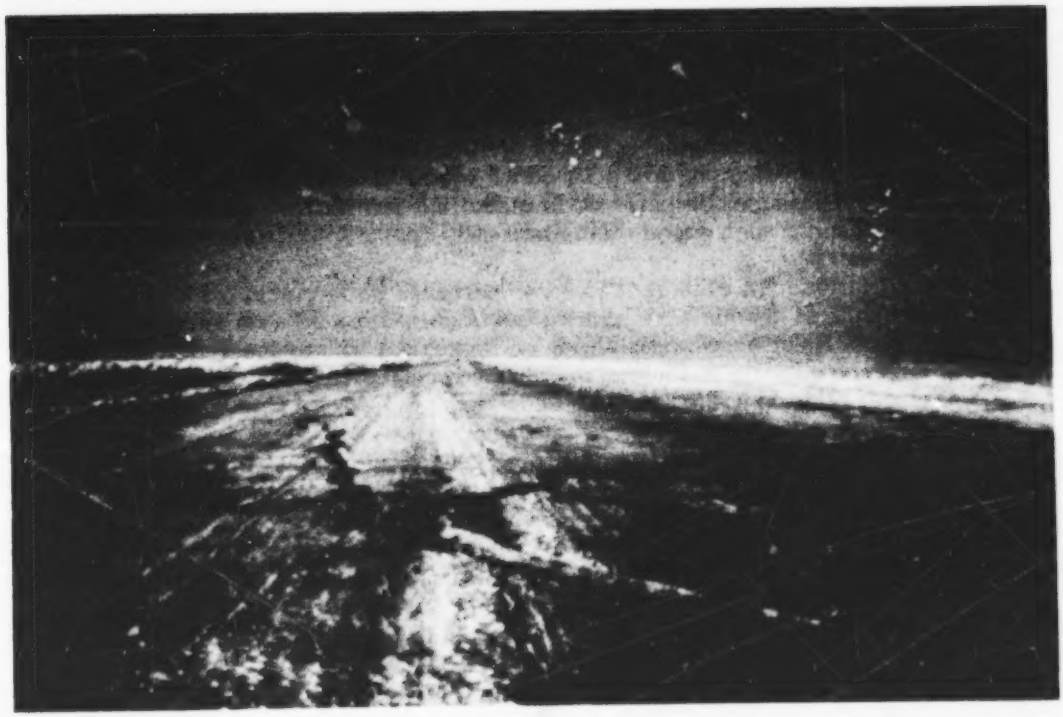
Épaisseur de la glace	Profondeur de l'eau	Vitesse des véhicules
40 pouces	50 pieds	15 milles à l'heure
60 pouces	130 pieds	20 milles à l'heure

Nota: Pour trouver l'équivalent en centimètres, il suffit de multiplier les pouces par 2,54. Pour transformer les milles à l'heure en kilomètres à l'heure, il suffit de multiplier les milles par 1,61.

Dans les deux cas, les vitesses sont de beaucoup inférieures à la vitesse critique définie par Eyre et Hesterman en 1976. Compte tenu de ce fait et pourvu que la glace soit de bonne qualité, les vitesses suggérées pour les véhicules ne sont pas de nature à rendre la conduite dangereuse.

Chez les conducteurs de véhicules qui transportent des charges lourdes, les limites de vitesse sur la glace varient de 10 milles (16 kilomètres) à l'heure à 25 milles (40 kilomètres) à l'heure. Les limites de vitesse les plus basses sont observées le long des côtes afin de réduire l'endommagement de la glace par les vagues d'eau qui se répercutent à partir de la côte. Les routes construites le long des rivières ne sont pas affectées par le phénomène des vagues. On peut donc autoriser des limites de vitesse plus élevées, allant jusqu'à 25 milles à l'heure (40 kilomètres) sur ces routes. Il faut éviter les vitesses inférieures à 5 milles à l'heure (8 kilomètres) ou les arrêts sur la glace. Pour ces données, les valeurs de "A" vont de 70 à 173, les valeurs les plus élevées s'appliquant à la glace la plus mince.

La forme du chargement a aussi de l'importance dans le transport sur la glace. Les charges très larges doivent être réparties sur des surfaces aussi grandes que possible. Les véhicules qui circulent en convoi ne doivent pas voyager à moins de 900 pieds (300 mètres) les uns des autres et il faut réduire la vitesse en s'approchant des autres véhicules.



Lorsqu'il y a des fissures du genre de celles-ci, il faut réduire les charges ou refaire le tracé de la route. (Department of Northern Saskatchewan)

Vérification de l'épaisseur de la glace. L'indication de l'épaisseur de la glace améliore la sécurité et la confiance. (Department of Northern Saskatchewan)

Tous les conducteurs interrogés qui circulent sur les routes de glace tracées sur les rivières ou sur les lacs, dépassent la valeur "A" = 50 recommandée par Gold pour le calcul de la force portante, quelques uns dépassent cette valeur de 250 pour cent. Même si leurs années d'expérience et leurs connaissances de l'état de la glace leur permettent d'agir ainsi, les risques de danger sont quand même accrus.

Lorsqu'ils calculent la force portante de la glace, les conducteurs ne devraient pas donner à "A" une valeur supérieure à 50 sans avoir consulté des experts. Il est même possible en ne donnant à "A" qu'une valeur inférieure à 50, qu'on ne soit pas absolument assuré de la sécurité, surtout s'il s'agit de passages nont controlés sur la glace.

Fluctuations de température. Des changements importants de température de l'air ambiant peuvent causer la dilatation ou la contraction de la glace et produire des contraintes thermiques. Il arrive souvent qu'on diminue les charges ou qu'on ferme les routes à la suite de tels changements et ce pendant des périodes de 6 à 24 heures, et aussi qu'on réduise les limites de vitesse. Selon certains conducteurs, si l'on transporte des charges légères sur la glace pendant cette période, il se produira des fissures légères qui diminueront les contraintes.

Fissures dans la glace. Les fissures peuvent se former sur la glace à la suite de l'élévation ou de la baisse des niveaux d'eau, des fluctuations de température ou de transports répétés de charges lourdes. Des fissures de surface, c'est-à-dire ayant quelques pouces de profondeur (plusieurs centimètres) ne sont pas considérées comme sérieuses, mais celles qui traversent complètement la couverture de glace et laissent l'eau s'élever à la surface demandent généralement que l'on réduise les charges sur la route. En 1960, Gold a suggéré d'apporter les réductions de charge suivantes sur la glace fissurée:

- dans le cas de fissures traversant la route perpendiculairement à la chaussée, limiter les charges à la moitié de la portance d'une surface non fissurée.

- dans le cas de fissures qui forment un angle de 90 degrés ou qui sont parallèles à la chaussée, réduire la charge limite à un quart de ce qu'elle serait sur la glace non fissurée.

Avec le temps, les fissures se referment et après un examen minitieux afin de déterminer si la circulation peut se faire sans danger, on peut rétablir les limites des charges à des poids normaux.

Charges vibrantes. En général, on ne laisse pas circuler d'elles-mêmes sur les routes de glace les pièces d'équipement tels les gros tracteurs à chenilles dont le mouvement est source de grandes vibrations. Si cela était autorisé, cependant, il faudrait réduire les limites de charges, selon certains conducteurs, de 25 à 30 pour cent.

Entretien

De façon générale, l'entretien des routes sur la glace consiste à enlever la neige, à vérifier l'épaisseur et la surface de la glace. On se sert modérément d'une niveleuse motorisée pour enlever la neige car vu la grande étendue de l'emprise, la neige est soufflée par le vent.

Des équipes de deux hommes utilisant des tarières à moteur vérifient régulièrement l'épaisseur de la glace. Les conducteurs se sentent davantage en confiance si l'on place le long de la route des panneaux indicateurs de l'épaisseur de la glace. Par des inspections périodiques de la surface de la glace, on peut déterminer les secteurs à problèmes et les fissures.

Fermeture

Généralement, la fermeture des routes sur la glace reliées à des routes d'hiver construites sur la terre coïncide avec celle des tronçons situés sur la terre ferme lorsque ceux-ci deviennent impraticables. Ceci se produit longtemps avant que la circulation sur la glace ne soit dangereuse. Dans plusieurs secteurs, ce sont des ministères gouvernementaux qui sont responsables de la fermeture des routes. Les fonctionnaires établissent la date de fermeture d'après la température qui prévaut. La fermeture finale peut être précédée d'une période pendant laquelle la circulation est permise la nuit seulement mais demeure sujette à une fermeture à 24 heures d'avis.

(J.D. McMillan)

Pont de glace sur un terrain non-pergélisolé. La terre transportée à partir des abords du pont par les véhicules sera la cause de la fermeture hâtive du pont. (Desourdy Construction Limitée)

PONTS DE GLACE

Quoiqu'ils aient été utilisés pendant de nombreuses années dans le Nord du Canada, il existe très peu d'études sérieuses pour déterminer les méthodes les plus sûres pour leur construction et leur entretien. De façon générale, les conducteurs se fieront à leur expérience passée et à des méthodes empiriques pour établir les limites de vitesse, les charges maximales et déterminer s'ils doivent ou non renforcer les ponts à l'aide de billes de bois.

Les méthodes diffèrent beaucoup à travers le Canada. Par exemple, au Manitoba et en Ontario, la charge limite sur une épaisseur de 25 pouces (64 centimètres) de glace de bonne qualité va de 80 000 à 90 000 livres (38 000 à 41 000 kilogrammes) alors que pour la même épaisseur de glace, au Québec, un conducteur transporte des charges limites de 19 000 livres (8 600 kilogrammes). Sur les ponts de glace, les limites de vitesse varient de 2 à 20 milles à l'heure (3 à 32 kilomètres à l'heure). Pendant que certains conducteurs du Québec, du Manitoba et de la Colombie-Britanique renforcent les ponts à l'aide de billes de bois, d'autres conducteurs du Québec et de l'Ontario n'utilisent pas cette méthode. Dans les Territoires du Nord-Ouest, le renforcissement à l'aide de billes de bois a déjà été utilisé à une grande échelle mais n'est plus autorisé en raison des contraintes de l'environnement.

Il est presque impossible d'établir des normes de construction et d'entretien des ponts de glace à partir d'une aussi grande variété de méthodes. Il n'existe pas deux emplacements de pont qui soient exactement les mêmes.

Choix de l'emplacement

Le choix de l'emplacement peut aider à établir l'utilité, la force portante et la durée du pont. Des rives légèrement en pente ou qui peuvent être facilement modifiées sont indispensables pour donner accès au pont et permettre la réduction de vitesse aux abords du pont. Dans les régions pergélisolées, on doit éviter le nivellement des rives afin de prévenir l'affaissement des sols à forte teneur en glace. Dans de tels cas, on construit les rampes d'entrée et de sortie en pente légère utilisant la neige. Si les rampes de sortie sont en pente abrupte, il peut arriver que les camions perdent de la puissance et dérapent sur la glace.

Il faut éviter de choisir comme emplacement de construction du pont les courants rapides qui ont tendance à éroder la partie inférieure de la glace, ainsi que les endroits des rivières où les courants sont très rapides. Cependant, il peut arriver que ces endroits à courants rapides et profonds constituent un site idéal qui permettra de réduire les effets de la vague hydrodynamique ou de réduire la largeur de la traversée. Quoique les courants chauds érodent aussi la paroi inférieure de la glace, cet effet peut être éliminé si l'emplacement se trouve sous des rapides dont l'action refroidit l'eau parfois considérablement. La source et la décharge des lacs constituent souvent des mauvais emplacements pour la construction des ponts. La fluctuation des niveaux d'eau que produit par exemple un barrage hydro-électrique peut faire craquer la glace surtout le long de la rive.

Construction

On peut généralement entreprendre la construction d'un pont de glace lorsque celle-ci est suffisamment épaisse pour supporter le poids d'un homme et d'une pompe. Si la glace est transparente et dure, 3 pouces (8 centimètres) d'épaisseur suffiront probablement. Si la glace a déjà été brisée par l'action du vent ou si elle s'est formée à la suite d'accumulation de glace, il faudra être plus prudent et attendre que la glace atteigne 12 pouces (30 centimètres) d'épaisseur avant de s'y aventurer.

On peut laisser quelques centimètres de neige bien mouillée sur la glace. Si l'épaisseur de la neige est supérieure, il est préférable de la tasser en la battant afin de diminuer son pouvoir isolant.

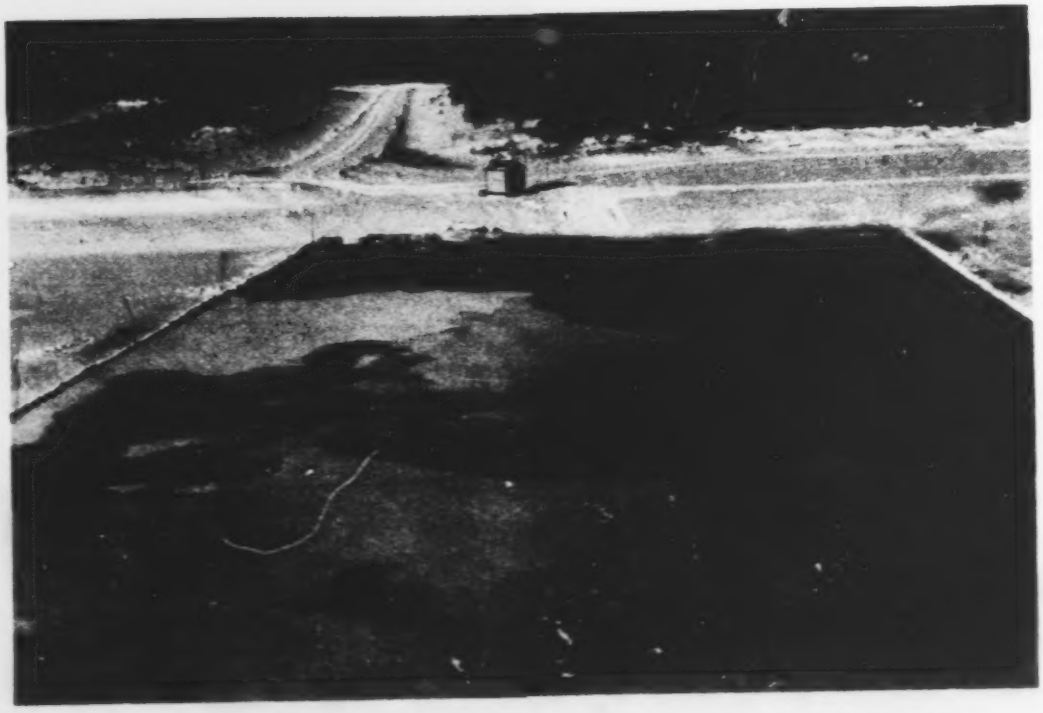
On construit le long du tracé du pont proposé des rebords de neige qui serviront à retenir l'eau utilisée pour épaissir la glace. (On s'est déjà servi de billes de bois pour retenir l'eau lorsqu'il n'y avait pas de neige). On construit aussi des barrages de neige autour des trous percés dans la glace pour pomper l'eau. Le remplissage se fait à l'aide de petites pompes que la glace peut porter. Généralement le premier remplissage consiste en une couche de 1 pouce (2,5 centimètres) d'eau, ou moins car la glace sera incapable de supporter le poids additionnel d'un plus grand volume d'eau.

Les autres remplissages pourront atteindre deux pouces (5 centimètres) ou plus. Il faut laisser l'eau geler complètement entre chaque remplissage car autrement il se formerait entre deux couches de glace une couche d'eau qui prendrait beaucoup de temps à geler. On doit continuer le remplissage et le gel tout en ajoutant au besoin des rondins pour renforcer le pont jusqu'à ce que la glace soit assez épaisse pour supporter le poids d'équipement plus lourd. Lorsque la glace sera assez résistante pour les supporter, on pourra utiliser des pompes plus lourdes.

Afin de favoriser l'épaississement de la glace, il faudra enlever la neige des deux côtés du pont sur une distance allant de 75 à 100 pieds (25 à 30 mètres). On peut "joindre" les extrémités du pont par un léger arrosage afin de créer une couche de transition entre la glace régulière de la rivière et la glace qu'on a fabriquée.

Il faut vérifier le pont aux deux ou trois jours pour mesurer l'épaississement de la glace. On peut cesser le remplissage après avoir atteint une épaisseur de glace déterminée à l'avance. A partir de ce moment, on peut ouvrir le pont à la circulation pour le transport de charge réduite. Généralement, la glace du pont continuera d'épaissir car la partie inférieure de la surface de la glace gèlera naturellement. On augmentera les limites de charge permise à mesure que la glace deviendra plus épaisse jusqu'à ce qu'on ait atteint la pleine limite de charge désirée.

Véhicule J-5 tassant la neige mouillée afin d'accélérer l'épaississement du pont.



Application de la première couche d'eau pour la construction d'un pont.

Parfois, on utilise des billes de bois que l'on incruste dans la glace pour renforcer le pont. Selon certains constructeurs, cette méthode est efficace mais d'autres croient qu'il s'agit là au contraire d'une source d'affaiblissement du pont. Il existe au moins un constructeur qui utilise des billes de bois pour la construction de l'approche seulement mais qui ne les utilise pas sur la portée centrale; cependant, il ajoute une quantité supplémentaire de glace au centre du pont. La construction d'un pont renforcé de billes de bois demande plus de temps et de travail que si on n'utilise que de la glace. Aucune étude finale n'a déterminé de façon définitive les avantages ou les désavantages d'un pont construit à l'aide de glace renforcé de billes de bois. L'aspect psychologique est un avantage mais si les billes de bois affaiblissent réellement la glace, il s'agit certes d'un désavantage.

Exploitation

Force portante. En 1960, Gold a recommandé l'utilisation de la formule $P = Ah^2$ pour déterminer la limite sûre pour l'opération sur la glace. (Voir la partie qui traite des routes d'hiver sur la glace). Cette formule, basée sur des ruptures causées par des chargements sur glace, constitue une limite inférieure beaucoup plus sûre donc peu susceptible de provoquer des ruptures.

L'épaisseur effective de glace "h" dépend de la catégorie de glace utilisée pour la construction du pont. On considère que la glace opaque ou glace de neige n'offre que la moitié de la résistance de la glace transparente ou glace bleue. L'épaisseur effective de glace est la somme de l'épaisseur de la glace bleue et de la moitié de l'épaisseur de la glace opaque.*

En pratique, la glace peut supporter des charges beaucoup plus lourdes que celles proposées par cette formule. Les constructeurs de ponts qui ont plusieurs années d'expérience ont tendance à établir des limites de charge supérieures à celles qui sont établies par cette formule. Les constructeurs qui ont moins d'expérience ajoutent à la sécurité en réduisant les limites de charge.

Actuellement, il n'existe aucune méthode sûre pour mesurer la force portante des ponts de glace.

Limites de vitesse. Certains constructeurs de ponts établissent une vitesse minimale et une vitesse maximale sur les ponts. Les ponts de glace supporteront mieux des charges mobiles lourdes que des charges inertes et des charges se déplaçant lentement exerceront une plus forte pression sur la glace que si elles sont transportées à des vitesses supérieures. On ne devrait pas permettre sur la glace le stationnement ou les arrêts des véhicules lourdement chargés.

*Des études démontrent que la glace opaque de densité supérieure à 55 livres par pied cube (0,87 gramme par centimètre cube) a une résistance presque égale à celle de la glace bleue ou de la glace noire. Donc, depuis plusieurs cas on ajoute à la sécurité si on fait comme si la glace opaque n'avait que la moitié de son épaisseur réelle.

Ponts de glace

On vérifie la déclinaison d'un pont de glace pendant la traversée de l'équipement lourd. (Desourdy Construction Limitée)

(Desourdy Construction Limitée)

Ponts de glace

La section qui traite des limites de vitesse sur les routes construites sur la glace s'applique aussi au transport sur les ponts de glace; on trouve dans cette section plusieurs recommandations quant aux limites de vitesse en fonction de l'épaisseur de la glace et de la profondeur de l'eau.

Fluctuations de température. Par l'expansion et la contraction qu'elles provoquent, des variations importantes de la température de l'air produisent des contraintes thermiques et des fissures dans la couverture de glace. Vu l'affaiblissement de la structure des ponts causé par les fissures, la plupart des constructeurs ferment les ponts à la circulation lourde ou réduisent les limites de charge à la suite de changements importants de température. Cette période varie de 6 à 24 heures. En 1976, Eyre et Hesterman et plusieurs autres personnes, ont déterminé que la couverture de glace n'atteint pas une température équilibrée avant les 48 heures qui suivent le changement de la température de l'air.

Il faut donc être très prudent lorsque l'on transporte des charges lourdes sur les ponts à la suite de changements importants de température.

Fissures dans les ponts. Il est possible que des fissures apparaîssent dans la glace à la suite de changements de température ou à cause des charges lourdes. Les petites fissures de surface ont peu d'effet sur les limites de charges mais il faut porter une attention spéciale aux fissures plus grandes et plus profondes. Les fissures qui traversent entièrement la glace et laissent passer l'eau sur la couverture de glace représentent un danger réel. Il faut interdire le passage de charges lourdes près de ces fissures.

Plusieurs constructeurs de ponts réduisent les limites de vitesse lorsque les fissures apparaissent sur la glace, toutefois, la réduction des charges varie beaucoup. Les fissures transversales qui se forment aux intersections et celles qui sont parallèles au pont, surtout si elles se produisent au centre, affectent la force portante de la glace de différentes manières ainsi que les facteurs de réduction de limites de charges. De façon générale, en 1960, Gold a appliqué les règles suivantes:

- Il faut réduire de moitié la limite de charge des véhicules qui traversent une fissure mouillée perpendiculaire à la chaussée.

- Il faut réduire à un quart la limite de charge des véhicules qui traversent des fissures à un angle de 90 degrés ou qui circulent parallèlement à l'extrémité d'une fissure ouverte.

Puisque les fissures se referment d'elles-mêmes, les limites de charge ne seront pas permanentes sur la glace où il y a eu des fissures. Avant de revenir aux limites de charges normales, il faut faire des inspections de la surface afin de vérifier si la glace s'est effectivement reformée à l'intérieur des fissures.

Charges oscillantes. Actuellement, il nexiste aucune étude relative aux effets des charges oscillantes sur les couvertures de glace. Il serait donc prudent de recourir à certaines mesures de sécurité pour ces charges. Certains conducteurs de machineries lourdes telles les tracteurs à chenilles, diminuent les limites de charge de 25 à 30 pour cent afin de compenser les vibrations du tracteur. Il arrive souvent que pour réduire les vibrations, d'autres conducteurs transportent le tracteur à chenilles plus gros sur un traineau d'acier remorqué par un tracteur beaucoup plus petit.

Entretien

A part l'enlèvement de la neige et les inspections régulières afin d'en assurer la sécurité, ces ponts demandent très peu d'entretien. C'est normal que les abords du pont requièrent le plus d'entretien.

L'accumulation de neige près du pont affectera la force portante du pont, il faudra donc repousser les accumulations supérieures à 4 pouces (10 centimètres) de 75 à 100 pieds (25 à 30 mètres) des deux côtés du pont. Il se produira probablement des fissures dans la glace en raison du poids des andains de neige mais ces fissures n'affecteront pas la force portante si la neige est repoussée assez loin.

Il n'est pas nécessaire d'enlever la neige à la suite des chutes légères car celle-ci améliore la traction et diminue les effets des rayons du soleil et de la hausse de température. En plus, cette neige aide à déceler les nouvelles fissures et elle recouvre certaines parties de la glace que les conducteurs croient dangereuses mais qui ne le sont pas.

Fermeture

Pour la plupart des conducteurs, la date de fermeture des ponts de glace ne cause pas de problème. En général, les routes d'hiver qui sont reliées au pont deviennent impraticables avant que le pont de glace ne représente un danger pour la circulation.

Les ponts de glace qui relient les routes de gravier ou des routes toutes-saisons représentent une difficulté différente et il existe plusieurs méthodes pour déterminer la date de leur fermeture. L'amincissement de la glace après plusieurs journées consécutives de dégel (voir "notes", schéma 2, annexe 1), et l'accumulation d'eau sur le pont et aux abords sont des indices qui préludent à la date de fermeture. Quoiqu'ils ne se produisent pas tous en même temps, n'importe lequel de ces indices peut servir à determiner la date de fermeture du pont.

2e PARTIE

PLANIFICATION DES ROUTES D'HIVER

GUIDE DE PLANIFICATION

Comme nous l'indiquerons dans cette partie, la planification d'une route d'hiver commence d'abord par le choix de la catégorie de routes et du tracé adéquat d'une route basé sur l'étude des cartes et des photos aériennes du secteur, des registres météorologiques et de l'utilisation prévue pour cette route. Le choix du tracé se fait petit à petit à la suite de la détermination des coûts éventuels et des résultats des études de reconnaissance faites sur le terrain, jusqu'à ce que le meilleur tracé soit établi. La planification se termine par l'élaboration de plans pour des tracés ou des routes de rechange en cas de conditions adverses des terrains initialement choisis.

Lorsqu'une route projetée doit traverser des secteurs fragiles, il faut tenir compte de la protection de l'environnement dans la planification. Cependant, pour éviter la confusion, la partie qui traite de cette protection est incluse dans une section séparée qui suit immédiatement celle-ci.

Choix du tracé initial

Il faut d'abord déterminer la destination de la route sur des cartes détaillées du secteur général à l'échelle 1:250 000 ou plus. Il faut établir plusieurs points de départ afin de s'assurer qu'on n'oublie aucun corridor possible dont le nombre, à ce stade, peut déjà être réduit à un ou à deux.

L'étape suivante consiste à étudier les photographies aériennes représentant les corridors possibles. Il faut tenir compte de la distance, de l'essartage, du nombre et de la largeur des cours d'eau à traverser et éviter autant que possible les pentes abruptes (supérieures à 10 degrés) que l'on retrouvera normalement dans les corridors les plus intéressants.

Climat

Il faut étudier les registres météorologiques des stations situées près du corridor afin de déterminer:

- la date moyenne du début du gel
- la date moyenne de la première chute de neige
- la date moyenne où la neige atteint au moins 4 pouces (10 centimètres) (voir schéma nº 3, annexe 1)
- la date moyenne où les jours-degrés de gel totalisent 550ºF (306ºC) (voir schéma nº 2, annexe 1)
- la date moyenne du gel des lacs (12 pouces ou 30 centimètres de glace)

- la date moyenne du début du dégel (premier jour du printemps où la température moyenne est supérieure au point de congélation pendant plusieurs jours consécutifs)

- chutes de neige totales

- chutes de neige mensuelles

On peut obtenir ces registres par l'entremise de Environnement Canada, Direction de la météorologie.

La date moyenne où l'ensemble jours-degrés de gel totalise 550°F (306°C) donne une idée de la date où l'on peut commencer la construction de la route car il faut atteindre ce "total" de gel avant d'avoir une base solide. La date moyenne du début du dégel fixe approximativement la date où l'on devra fermer les routes d'hiver. La différence entre ces dates détermine la durée de l'utilisation des routes d'hiver.

Il faut aussi tenir compte des chutes de neige car une certaine quantité de neige est requise pour la construction de la plupart des routes d'hiver. La neige agit aussi comme isolant entre le sol et les températures sous le point de congélation limitant ainsi la profondeur de pénétration du gel. De ce fait, on doit aussi tenir compte à moins que la neige ne soit enlevée ou tassée afin de réduire son pouvoir isolant.

Lorsque l'utilisation de la route pendant une saison entière n'est pas un critère primordial, les données des registres météorologiques des corridors étudiés sont moins requises.

Catégorie de route

Un premier choix s'impose ici de la catégorie de route selon les différents secteurs du tracé car le genre de route choisi peut déterminer le choix du tracé dans un corridor. Par exemple, pour des routes sur la glace solide, on devra utiliser un terrain relativement plat et sur lequel il sera facile de transporter de grandes quantités d'eau. Dans le cas de routes de neige situées dans des secteurs où les chutes de neige sont faibles, il sera nécessaire de transporter de la neige à partir de la surface des lacs. Il s'agit donc d'un facteur important dans la détermination du tracé à l'intérieur du corridor.

La catégorie de route choisie dépend en partie de l'utilisation que l'on fera de cette route. On n'aura besoin que d'un sentier temporaire pour le passage aller-retour d'un traîneau formant convoi avec un tracteur. Il faudra des routes sur la neige ou des routes sur la glace pour permettre à des véhicules sur pneus portant une charge de 72 000 livres (33 000 kilogrammes), d'effectuer 16 voyages par jour, soit un total de 500 voyages pendant la saison. On doit déterminer le type de véhicule, le volume de circulation, les charges, la pression des pneus et le total de voyages prévus. Le choix de la catégorie de route nécessaire sera grandement facilitée par ces renseignements ainsi que par la date où la route sera prête, la durée de son utilisation et l'étude des registres météorologiques.

Reconnaissance du terrain

La reconnaissance du terrain se fait durant l'été, de préférence en hélicoptère, et doit servir à corriger le tracé afin d'éviter les problèmes d'ordre topographique que l'on ne peut discerner à partir des cartes ou des photos aériennes. De plus, cette reconnaissance est tout particulièrement importante dans les secteurs inconnus car elle permet d'observer les effets des perturbations antérieures du terrain. Il faut enregistrer les traces d'érosion, d'érosion thermique, de dégel partiel du pergélisol, d'affaissement du terrain, d'endommagement des rives, de formation d'ornières, de glissements d'argile ou autres ainsi que l'état sol-glace. Dans la mesure du possible, il faut enregistrer les causes de ces perturbations et tenter de découvrir et d'enrayer ce genre de mouvements de terrains responsables des perturbations. Le fait de connaître l'étendue des dégâts ou l'absence de dégâts qui peuvent être causés par une catégorie particulière d'activités au sol a une valeur inestimable lorsqu'il s'agit d'établir la catégorie de routes d'hiver nécessaires dans un secteur précis.

Avant d'entreprendre quelque travail que ce soit sur le terrain, on doit déterminer quelles sont les lois qui régissent l'utilisation des terres dans le secteur qu'empruntera la route. Il faut obtenir des copies des règlements en question avec lesquels tout le personnel travaillant sur le terrain devra se familiariser. On pourra ainsi éviter de nombreux conflits en faisant participer toutes les parties en cause dès les premières étapes de la planification.

Avant de commencer la reconnaissance sur le terrain, à partir d'un hélicoptère ou d'un avion à ailes fixes pouvant voler à basse altitude, il est recommandé d'étudier les plans de vol en compagnie du personnel gouvernemental des forêts, de la pêche et de la faune pour s'informer du risque à traverser certains secteurs fragiles quant au respect de l'environnement. Par exemple, lorsque l'on effectue au printemps, les dernières inspections des routes d'hiver dans le Nord, il est possible que plusieurs espèces de faune sauvage soient perturbées. Le fait de consulter les fonctionnaires du gouvernement constitue tout simplement un geste de courtoisie à l'égard de ceux qui sont responsables de la protection de nos ressources tout autant qu'une garantie contre la destruction de notre environnement.

Essartage

Au cours de la première année de construction d'une route dans la région forestière, l'essartage de l'emprise fait partie intégrante du travail pour toutes les catégories de routes d'hiver. Le constructeur de routes d'hiver doit se familiariser avec les lois qui régissent l'entretien et les installations d'appoint nécessaires, ainsi que connaître le ou les ministères dont relèvent les provinces ou les territoires d'exploitation.

C'est dans les secteurs couverts de forêts boréales que sont construites la plus grande partie des routes d'hiver (voir schéma 4, annexe 1). En Colombie-Britannique, certaines routes d'hiver qui servent à l'exploitation forestière sont situées dans des régions subalpines et montagneuses; au Nouveau-Brunswick, on en trouve dans la forêt acadienne. En Colombie-Britannique, il faut procéder à de l'essartage et à de la récupération poussée des régions boisées avant de construire les routes d'hiver.

Dans les secteurs non-pergélisolés, on autorise généralement l'utilisation de bulldozers munis de lames non recouvertes de sabots en forme de champignon. Il arrive fréquemment que l'on procède à l'essartage en été, à l'enlèvement des racines et à la mise à nu de la surface et que l'on dégage les sols minéraux. L'empilage des débris et leur brûlage est généralement permis mais il peut arriver que certains règlements ayant cours dans les régions pergélisolées soient transposés dans des régions non-pergélisolées.

Choix détaillé du tracé

Les points suivants peuvent être utiles au moment du choix détaillé du tracé.

Il faut éviter les tracés à flanc de coteaux à cause de la possibilité de problèmes liés au gel et aussi du blocage des eaux provenant de la fonte printanière. Dans les vallées où coulent les rivières, les pentes orientées vers le sud sont à déconseiller car elles sont davantage exposées au soleil. Selon plusieurs constructeurs, les premières routes d'hiver à se détériorer sont celles qui sont construites sur les pentes orientées vers le sud. Parmi les facteurs qui peuvent influencer le choix du tracé détaillé entre des rivières importantes, nous retrouverons les facteurs suivants: le caractère approprié des passages de rivières, y compris les rives basses, les abords non accidentés, les courants faibles et le fait d'éviter les sources et les décharges de lacs.

En certaines années où la pénétration du gel est plutôt profonde quand arrive le moment de la construction, il est préférable de se servir des terres basses et humides comme c'est le cas pour le muskeg plutôt que d'utiliser des hautes terres peuplées d'arbres, car ces terrains gèleront plus rapidement et permettront d'aménager une surface de routes solides et lisses. Mais lorsque la pénétration du gel est "en retard", il est préférable de choisir les hautes terres peuplées d'arbres plutôt que les terres basses et humides.

Construction, exploitation et entretien

La première partie du manuel contient les méthodes sur lesquelles doivent être basés la construction, l'exploitation et l'entretien de toutes les catégories de routes d'hiver.

Coûts

Les coûts de construction, d'exploitation et d'entretien de chaque catégorie de routes d'hiver varieront beaucoup d'une région à l'autre surtout en vertu de l'éloignement. Ainsi, la construction d'une route d'hiver dans le Nord du Canada pourra coûter deux fois plus que dans le Sud ou dans des secteurs habités, en grande partie à cause des coûts élevés qu'entraîne le déplacement des hommes et du matériel vers des emplacements éloignés.

Dans cette section, nous trouverons deux tableaux sur lesquels sont indiqués les coûts par mille de route. Ces tableaux ont été établis à la suite d'entrevues avec des exploitants de routes d'hiver au Canada et en Alaska. Puisqu'il s'agit de moyennes, il est possible que ces coûts ne s'appliquent pas dans toutes les situations. Des détails supplémentaires sur les coûts établis dans les tableaux sont donnés plus loin.

Il faut tenir compte du coût de l'essartage lorsque l'emprise est utilisée pour la première fois. La densité des arbres peut augmenter jusqu'à 20 fois le coût de la machinerie utilisée pour l'essartage. Dans les secteurs où il y a peu d'arbres, l'essartage peut coûter aussi peu que $300 par mille ($200 par kilomètre). Dans les secteur à forêt dense, comme dans le centre nord de la Colombie-Britannique, où on doit tenir compte d'une récupération importante, l'essartage peut coûter aussi cher que de $3 000 à $6 000 par mille ($2 000 à $4 000 par kilomètre).

Là où les sols ont une forte teneur en glace, il peut être nécessaire de faire l'essartage manuellement afin d'éviter de perturber le terrain. Les essais d'essartage manuel ont démontré que dans le cas de forêt à densité moyenne, il était possible d'essarter, d'essoucher et d'empiler à un rythme de 200 heures-hommes à l'acre (500 heures-hommes à l'hectare) en utilisant des scies à chaîne. Ces essais ont eu lieu alors qu'il y avait 20 pouces de neige (50 centimètres) et que la température était de -4°F (-20°C). Le coût de l'essartage manuel et de l'essouchement devra être déterminé en fonction du temps requis en tenant compte du diamètre, de la densité des arbres, des conditions météorologiques et du coût de la main-d'oeuvre locale.

Sentiers d'hiver. Le coût de la construction et de l'essartage des sentiers d'hiver dépend du terrain, des conditions de neige et des méthodes de construction. Les coûts les plus élevés furent enregistrés lors de la construction de sentiers d'hiver pour l'exploitation forestière en Colombie-Britannique alors qu'il en a coûté de $6 000 à $10 000 par mille ($4 000 à $6 500 par kilomètre). Il était alors question d'essartage intensif, de récupération et de terrains accidentés. Normalement le prix de la construction des sentiers temporaires est inférieur à $1 000 le mille ($600 le kilomètre) sans compter le coût de l'essartage. Les mêmes coûts s'appliquent aux sentiers d'hiver permanents car l'essartage a été fait au cours des années antérieures.

Guide pour la détermination des coûts d'essartage

Densité des arbres	Essartage mécanique	Essartage manuel
Faible	$ 300-$1 000	$2 000-$6 000
Moyenne	$1 000-$3 000	$6 000-$9 000
Forte	$3 000-$6 000	plus de $9 000

Nota:

Ce sont là les coûts par mille d'essartage d'une emprise de 60 pieds de large. Pour transformer ces coûts par kilomètres d'essartage d'une emprise de 20 mètres de large, multiplier par 0.7.

Guide pour déterminer les coûts de la construction et de l'entretien

Catégorie de routes	Construction	Entretien
SENTIERS D'HIVER		
Temporaires	$ 400-$1 500	$ 400-$1 500
Permanents	$ 400-$3 000	$ 400-$1 500
ROUTES DE NEIGE		
Tassées	$3 000-$4 000	$ 900-$1 500
Traitées	$3 500-$5 500	$ 900-$1 500
Recouvertes de glace	$6 000-$9 000	$ 900-$1 500
Artificielles	$30 000	$400
ROUTES DE GLACE		
Solides	$2 000-$20 000	$500
Granulats	$20 000-$30 000	$500
Sur la glace naturelle	$1 000-$3 000	Moins de $3 000

Nota:

Ce sont là les coûts pour la construction et l'entretien d'un mille de route ayant 30 pieds de large. Les coûts d'essartage ne sont pas compris (voir plus haut). Pour déterminer le coût de construction et d'entretien d'un kilomètre de route de 10 mètres de largeur, multiplier par 0.7.

Généralement, les coûts d'entretien et de construction des sentiers d'hiver sont du même ordre. Dans les secteurs où les chutes de neige sont fortes et où les vents forts forment des amoncellements de neige importants, les coûts d'entretien peuvent être considérablement accrus en raison de l'enlèvement de la neige.

Routes de neige. On utilise surtout les routes de neige dans les secteurs où il y a peu ou pas d'essartage à faire. La construction dépend en grande partie du tassement, du traitement ou du recouvrement de glace nécessaire. La construction d'une route de neige tassée exige plus de tassement et souvent plus d'équipement spécialisé. Il faut compter que le traitement d'une chaussée de 30 pieds de large (10 mètres) ajoute des coûts supplémentaires allant de $500 à $1 000 le mille ($300 à $600 le kilomètre). A lui seul, le recouvrement de glace qui consiste à ajouter un pouce (2,5 centimètres) d'eau sur une chaussée de 30 pieds de large représente une somme additionnelle de $3 000 à $5 000 le mille ($2 000 à $3 000 le kilomètre). Les distances de transport de la neige et de l'eau supérieures à 5 milles (8 kilomètres) représenteront des coûts supplémentaires.

Les routes construites à l'aide de neige fabriquée mécaniquement sont très coûteuses et elles ne sont utilisées que dans des circonstances très particulières. Avec l'élaboration de machines à fabriquer la neige pouvant produire des volumes importants de neige, on peut s'attendre à une certaine baisse des coûts de construction des routes de neige fabriquée mécaniquement. Toutefois, actuellement les expériences faites sur de courts tronçons de routes fabriquées à l'aide de neige artificielle démontrent que les coûts vont jusqu'à $30 000 le mille ($20 000 le kilomètre). Ces coûts qui ont été déterminés d'après la construction de tronçons de routes de neige artificielle inférieurs à un mille (2 kilomètres) peuvent être moindres pour la construction de tronçons couvrant plusieurs kilomètres car les frais de mise en chantier seront répartis sur une distance supérieure. Mais en dépit du rendement, de l'économie de l'échelle de route choisie ou des progrès faits dans la fabrication de la neige, il n'en demeure pas moins que les routes construites avec la neige artificielle continueront d'être coûteuses.

Les coûts d'entretien des routes de neige sont variables. L'entretien peut aller des réparations mineures de nids de poules jusqu'à la reconstruction complète de la route. L'enlèvement de la neige peut aussi représenter des coûts importants surtout dans les secteurs où les chutes de neige sont élevées ou bien les amoncellements de neige fréquents. Normalement, l'entretien des routes de neige bien construites ne devrait pas excéder des sommes inférieures à $1 000 le mille ($600 le kilomètre). Il est raisonnable de prévoir des budgets d'entretien de $3 000 le mille ($2 000 le kilomètre) lorsque l'on croit que l'enlèvement de la neige sera considérable.

Routes de glace solide. Le coût de construction d'une route de glace solide dépend de son épaisseur liée elle-même à l'état du micro-relief. Pour une distance de transport variant de 2 à 5 milles (3 à 8 kilomètres) il faudra environ 475 000 gallons par mille (1,3 million de litres par kilomètre) pour construire un mille de routes de glace solide ayant 24 pieds (7 mètres) de large et une épaisseur moyenne de 8 pouces (20 centimètres). Ce qui devrait

coûter environ $12 000 à $20 000 le mille ($8 000 à $13 500 le kilomètre). Les coûts pour des routes plus ou moins épaisses peuvent être calculés en fonction de ces données.

Le coût total de la construction d'une route de granulats de glace égale la somme des coûts de la taille de la glace, du transport, du façonnage et de l'arrosage. Les distances de transport des granulats de glace et de l'eau varient. Cependant, pour des distances de transport allant de 2 à 5 milles (3 à 8 kilomètres), les routes construites à l'aide de granulats de glace devraient coûter entre $20 000 et $30 000 le mille ($12 500 et $18 500 le kilomètre).

Les routes de glace construites sur la glace naturelle sont de loin les moins coûteuses. Le coût de la préparation de cette catégorie de routes sur la glace dépend principalement de la quantité de neige à enlever. Les coûts moyens se situent entre $1 000 et $3 000 le mille ($700 à $2 000 le kilomètre).

Les frais d'entretien des routes de glace dépendent du coût des réparations mineures et de l'enlèvement de la neige. Dans le cas des routes de glace solide ou de granulats de glace, l'enlèvement de la neige coûte très peu car on construit ces routes en fonction de l'absence de neige. L'ensemble de l'entretien des routes de glace solide ou de granulats de glace bien construites sera inférieur à $500 le mille ($300 le kilomètre). Il est possible qu'il faille enlever beaucoup de neige sur des routes de glace construites sur des surfaces de glace naturelle. Parmi les autres coûts d'entretien, il y a le pontage des crêtes de pression. Il est parfois moins coûteux de refaire le tracé d'une route sur la glace que de l'entretenir en enlevant la neige. On peut donc sans risque penser que généralement, les coûts d'entretien des routes construites sur la glace seront inférieurs à $3 000 le mille ($2 000 le kilomètre).

Plans d'imprévu

La construction, l'exploitation et l'entretien d'une route d'hiver dépend en grande partie de la température qui malheureusement ne collabore pas toujours. L'entrepreneur ou l'exploitant de routes d'hiver doit être prêt à modifier ses plans afin de faire face aux conditions météorologiques inattendues.

Il peut arriver qu'un entrepreneur de routes d'hiver arrive avec tout son équipement sur l'emplacement choisi il y a déjà plusieurs mois pour la construction d'une route de neige et, qu'il constate que le manque de neige rend impossible la construction de cette route. Plutôt que d'attendre qu'il y ait suffisamment de neige, il doit avoir un plan de rechange lui permettant de commencer la construction d'un autre genre de route, par exemple une route de glace si c'est possible. Plus tard, si cela en vaut le coût, il pourra revenir au plan original, et construire une route de neige si entre-temps il est tombé suffisamment de neige.

Des imprévus du même genre peuvent survenir s'il y a trop de neige, pas assez de gel au sol ou si les températures sont trop chaudes ou s'il n'y a pas suffisamment de glace là où on doit traverser la rivière. L'entrepreneur peut être amené à changer de catégorie de route ou à réaménager la route déjà construite, soit en raison du coût de construction imprévue, de changements de type de circulation ou de chargements plus lourds.

Il est possible d'économiser temps et argent si on a à sa disposition ou si l'on peut se procurer rapidement certaines pièces d'équipement supplémentaire comme des camions à bascule, un camion-citerne, un véhicule muni de chenilles à roulement doux ou une pompe à eau de 6 pouces (18 centimètres).

Le tableau suivant indique quelques-uns des choix qui s'offrent aux constructeurs de routes d'hiver lorsque des conditions adverses les forcent à changer de plans.

Imprévus durant la construction

Conditions	Plans d'imprévus
Petite quantité de neige, sol légèrement gelé ou glace mince sur l'eau	Il n'y a pas grand-chose à faire dans le cas des routes de catégories supérieures; cependant, il est possible de refaire la route sur un terrain plus élevé et de se servir de terre comme matériau de remblai ce qui permettra la construction de sentiers d'hiver dans les secteurs non-pergélisolés.
Absence de neige mais suffisamment de gel au sol et suffisamment de glace sur l'eau.	Les sentiers d'hiver, les routes de glace et les routes sur la glace pourront être construits normalement. Il sera possible de construire les routes de neige en se servant de neige fabriquée mécaniquement ou on pourra choisir de construire des routes de glace. Plus tard, l'accumulation de neige permettra peut-être de revenir au choix initial, c'est-à-dire des routes de neige naturelle.
Neige en quantité suffisante mais peu de gel au sol et peu de glace sur l'eau	Il est possible d'accélérer le gel en tassant la neige à l'aide de véhicules munis de chenilles à roulement doux. On peut augmenter l'épaisseur de la glace par des arrosages là où la route doit traverser les rivières et les ruisseaux.
Trop de neige, peu de gel au sol et peu de glace sur l'eau	Le gel peut être accéléré en tassant le surplus de neige à l'aide de véhicules munis de chenilles à roulement doux. Sur les terrains élevés, il est possible que l'on puisse tracer les sentiers en enlevant le surplus de neige à l'aide de charrues. On peut remplacer les routes de glace par des routes de neige tassée ou traitée. L'épaisseur de la glace aux endroits où l'on doit traverser les rivières et les ruisseaux peut être augmentée par arrosage.

Conditions	Plans d'imprévus
Trop de neige mais suffisamment de gel au sol et de glace sur l'eau	La construction des sentiers se fait normalement en enlevant la neige à l'aide de charrues. Il est possible de construire des routes de neige en tassant la neige à l'aide de véhicules à chenilles. On peut enlever le surplus de neige au passage des cours d'eau.
Température trop chaude, mais neige en quantité suffisante, suffisamment de gel au sol et glace en quantité suffisante sur l'eau	La construction des sentiers d'hiver peut se faire normalement en laissant une certaine quantité de neige sur les routes. Les routes de neige peuvent être construites en tassant la neige à l'aide de véhicules à chenilles. Les routes de glace ou les routes recouvertes de glace peuvent être remplacées par des routes de neige tassée ou traitée.
Peu d'eau disponible	Il est possible qu'il soit nécessaire de faire fondre la neige pour recouvrir de glace les routes de neige. Il peut être nécessaire de remplacer des routes de glace par des routes de neige.
Coûts de construction trop élevés	Il peut être nécessaire de changer la catégorie de route initiale pour la catégorie inférieure suivante qui satisfera aux mêmes exigences et permettra la circulation projetée. L'autorisation du gouvernement responsable sera peut être requise à cet effet.
La route ne peut supporter la circulation normale	La route peut être changée pour une route de catégorie supérieure qui pourra supporter la circulation, par exemple passer d'une route de neige tassée à une route de neige traitée ou à une route recouverte de glace. On peut recouvrir de glace les routes de neige tassée.
La route ne peut supporter une circulation trop dense ou des charges anormalement élevées	Les routes de neige peuvent être recouvertes de glace ou s'il s'agit de routes de glace on peut augmenter l'épaisseur de la glace.
Dégel durant le jour et affaiblissement de la route	Ne permettre que la circulation de nuit.

PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

La protection de l'environnement s'applique à toutes les catégories de routes d'hiver mais la présence de pergélisol le long du tracé est un indice qui revêt une importance particulière à cet effet. (Voir tableau 1, annexe 1).

Les mesures de protection de l'environnement recommandées diffèrent d'une province et d'une région à l'autre. Les organismes responsables de l'utilisation des terres peuvent exiger certaines mesures déterminées ou elles peuvent exercer un léger contrôle sur les routes d'hiver selon le secteur concerné. Il est préférable de vérifier dès le début du processus de planification, auprès du département local responsable de l'utilisation des terres. Les fonctionnaires peuvent dire si les tracés traversent des secteurs fragiles du point de vue environnement et ils peuvent faire ressortir les difficultés de construction qui pourront surgir le long des tracés projetés.

Cette section présente une étude globale des mesures de protection de l'environnement qui s'appliquent à la planification des routes d'hiver. Même si plusieurs des idées exprimées ici sont des redites d'autres parties du manuel, on les répète dans le but de traiter entièrement cet important sujet.

Protection de l'environnement - le problème

Dans les régions du Canada situées un peu plus au Nord où le pergélisol est très répandu, on trouve souvent de grandes quantités de glace tout près de la surface. Cette glace a généralement la forme de cristaux et de petites lentilles dans les zones où le pergélisol est intermittent, ces petites lentilles de glace se transforment en lentilles plus grandes, en glace massive et en polygones de coin de glace dans les régions situées plus au Nord. D'autre part, la couche organique ou la couche de mousse qui sert d'isolant au sol est généralement épaisse dans la forêt boréale du Sud, mais elle s'amincit en allant vers le Nord et elle est généralement mince dans la toundra. On peut établir comme règle que plus il y a de glace dans le sol et plus la couche de mousse est mince, plus le terrain est fragile. C'est pour ces raisons que plus les routes d'hiver sont construites au Nord, plus il est difficile de protéger le terrain.

Dans les secteurs situés au Sud, on autorise souvent le décapage total de la surface des sols à faible teneur en glace car la végétation naturelle se refait rapidement et empêche ainsi un trop grand ravinement causé par l'érosion. Au Nord du 60° parallèle, il faut faire davantage attention afin de protéger la couverture de tourbe. Le seul fait d'essarter les arbres dans la forêt boréale peut produire l'affaissement du sol car cet essartage modifie les conditions thermiques de la surface du sol. Mais si l'on laisse intacte la couverture de tourbe les perturbations éventuelles seront d'ordre mineur. Une fois que la couche de tourbe est gelée, les véhicules exercant une faible pression sur le sol ne produiront qu'un faible tassement (du moins en ce qui a trait à l'équilibre thermique).*

*La tourbe gelée peut être tassée à l'aide de véhicules exercant une faible pression sur le sol. Dans les secteurs où les chutes de neige sont faibles comme dans la plaine côtière de l'Arctique, le phénomène de sublimation de la glace se produit, et laisse des vides dans la couche de tourbe.

Les dégâts causés au terrain par les routes d'hiver deviennent apparents à l'été mais le sont rarement pendant l'hiver. Comme il est rare que les personnes qui conduisent dans le Nord voient les chaussées durant l'été, ces personnes croient difficilement que les dégâts causés au terrain peuvent être importants. Cependant, il n'y a aucun doute qu'une bonne planification, la collaboration avec les fonctionnaires responsables de l'utilisation des terres et le fait que les routes d'hiver soient adéquatement construites, peuvent contribuer dans une grande mesure à diminuer les perturbations de terrain qui sont fréquentes dans les secteurs pergélisolés.

Choix du tracé initial

La protection de l'environnement commence avec le choix du tracé initial. Dans la mesure du possible, il faut suivre les chaussées déjà dégagées tels les anciens sentiers d'hiver ou les réseaux de travaux séismiques. De fait, il est souvent nécessaire d'obtenir un permis d'utilisation des terres pour la construction des routes d'hiver.

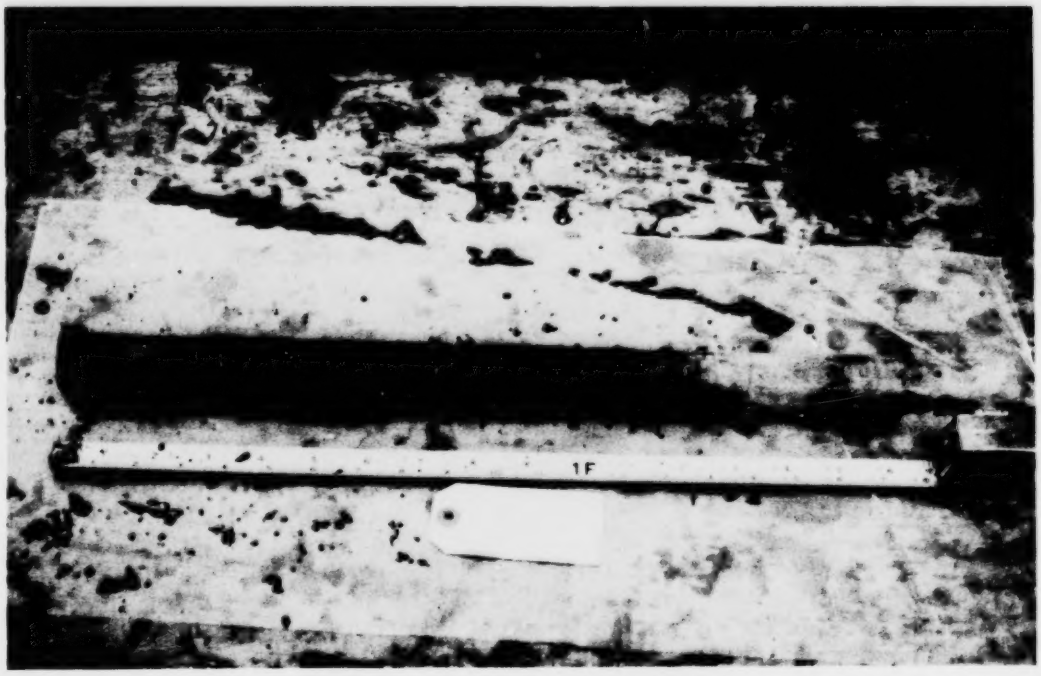
Catégorie de route

Même dans les régions situées au Sud des provinces dans lesquelles les routes d'hiver sont utilisées, on retrouve souvent des sentiers d'hiver même en secteurs pergélisolés car le léger surplus dans la teneur en glace des sols atténue le besoin de protection de la surface. Mais dans tous les secteurs où les sols ont une forte teneur en glace, dans la toundra, particulièrement, il est généralement nécessaire de construire des catégories de routes plus élaborées afin de protéger le terrain. Dans ces secteurs, on choisira des routes de neige ou de glace mais les sentiers d'hiver conviendront pour les travaux séismiques pour lesquels seuls des véhicules légers sur chenilles sont utilisés. Le choix d'une catégorie particulière de route de neige ou de glace dépendra des conditions locales et surtout des chutes de neige, des sources d'eau, des exigences du projet et de la disponibilité du matériel.

Choix détaillé du tracé

Il faut éviter les secteurs pergélisolés où il est évident qu'il y a possibilité de perturbation du terrain en raison du surplus de glace. Il faut fuir les sols à figuration périglaciaire, les secteurs d'affaissement de sol, de formation d'étangs ou d'érosion thermique.

Formation de glace massive apparaissant sur un éboulement. La glace a 30 pieds (10 mètres) de large en surface et est recouverte d'un matelas de sol, de tourbe et de plantes de toundra ayant environ 2 à 3 pieds (environ 1 mètre) d'épaisseur. (I. Reinart)



Carotte extraite d'une zone de pergélisol continu. Noter que le matériau gelé contient de la glace non apparente dans la partie supérieure (gauche) et de la glace transparente au niveau inférieur (droit). (R. Read)

Il n'est pas recommandé de construire des routes à moins de 300 pieds (100 mètres) des ruisseaux ou des rivières sauf s'il le faut pour aménager un passage, car le limon provenant de l'emprise pourrait contaminer l'habitat des poissons.

Il est parfois laissé au conducteur de tracteur le soin de choisir le tracé des sentiers d'hiver pour les travaux d'exploration. Cette solution n'est pas recommandée car elle peut causer des difficultés. Par exemple, plusieurs tentatives sont parfois nécessaires pour atteindre le sommet des pentes d'une vallée. Il est possible d'éviter ces dégâts inutiles en faisant le choix du tracé avant d'entreprendre les opérations sur le terrain.

Essartage

Il faut prendre beaucoup plus de précautions lors de l'essartage de l'emprise dans les secteurs pergélisolés que dans les secteurs non pergélisolés. Les lames des bulldozers doivent être munies de sabots en forme de champignon afin de ne pas enlever la végétation de surface ou la couverture de tourbe.

L'essartage ne devrait être fait qu'en hiver au moment où les arbres sont cassants et se briseront au niveau du sol lorsque la lame les frappera à environ 1 à 3 pieds (0,3 à 1,0 mètre) au dessus du sol. La neige protègera le terrain dans une certaine mesure. On ne doit pas utiliser de véhicules de faible puissance car les traces de dérapage peuvent endommager la couverture de surface. Les racines ne doivent pas être touchées car autrement les sols minéraux seraient à découvert et causeraient la perturbation du terrain.

Les arbres et les débris doivent être formés en andains sur un côté de la route loin des arbres non coupés et autant que possible tassés. Il est recommandé de laisser des espaces entre les andains et d'aller d'un côté à l'autre de la route afin de retarder la progression des feux de forêts. Il n'est pas permis de brûler les débris car en les brûlant, on affecte la couverture de surface et on diminue son pouvoir isolant, il ne faut pas non plus, laisser d'abatis ni de débris à travers les arbres non coupés.

Dans certains secteurs du Canada, il est possible que l'organisme responsable demande que des précautions spéciales soient prises durant l'essartage. Par exemple, dans les Territoires du Nord-Ouest, on exige généralement que l'essartage soit limité à une largeur de 33 pieds (10 mètres) ou que les abatis et les branches soient coupés pour faciliter l'entassement. L'on peut même exiger que l'entassement final se fasse en écrasant les débris à l'aide de machinerie lourde. Dans certaines circonstances, il peut être préférable de faire l'essartage et l'empilage manuellement.

Construction

Peu de mesures de protection de l'environnement seront nécessaires pendant la construction si l'on a choisi le bon tracé et la bonne catégorie de route, si le sol est suffisamment gelé et si la couverture organique n'est pas perturbée dans les secteurs où elle ne doit pas l'être.

"L'éraflage" de la surface produite par l'essartage mécanique est inacceptable dans les terrains pergélisolés à forte teneur en glace. (K.M. Adam)

Le brûlage des piles de débris ne doit pas se faire dans les secteurs pergélisolés car il détruit la couverture organique. (K.M. Adam)

Les règlements sur l'utilisation des billes de bois dans la construction des pentes de glaces diffèrent à travers le Canada. Parce que les billes de bois peuvent obstruer les ruisseaux, leur usage est parfois défendu dans certains secteurs mais autorisé ailleurs à condition qu'elles soient enlevées avant le dégel printanier. Afin de faciliter l'enlèvement des billes, certains conducteurs les attachent avec des câbles amarrés à la rive. Un véhicule à chenille peut facilement tirer les billes vers la rive à mesure que le dégel se produit.

Les règlements qui régissent la traversée des petits ruisseaux varient aussi selon les régions. Dans certains secteurs, les ponts traversant les petits ruisseaux sont construits à l'aide de billes de bois disposées en couches à travers le ruisseau dans le sens de la longueur et de la largeur. Ensuite, on recouvre le pont de neige, on le nivelle et on l'arrose. Ce genre de passage est enlevé avant le dégel du printemps. On construit les rampes d'accès à ces passages en nivelant les rives du ruisseau.

Dans d'autres secteurs où le blocage du ruisseau au printemps pourrait nuire aux mouvements des poissons, on se contente de remplir de neige les lits des petits ruisseaux, avec interdiction cependant de se servir de billes ou de broussailles. Au printemps, il peut arriver qu'on doive enlever la neige qui a servi au remplissage.

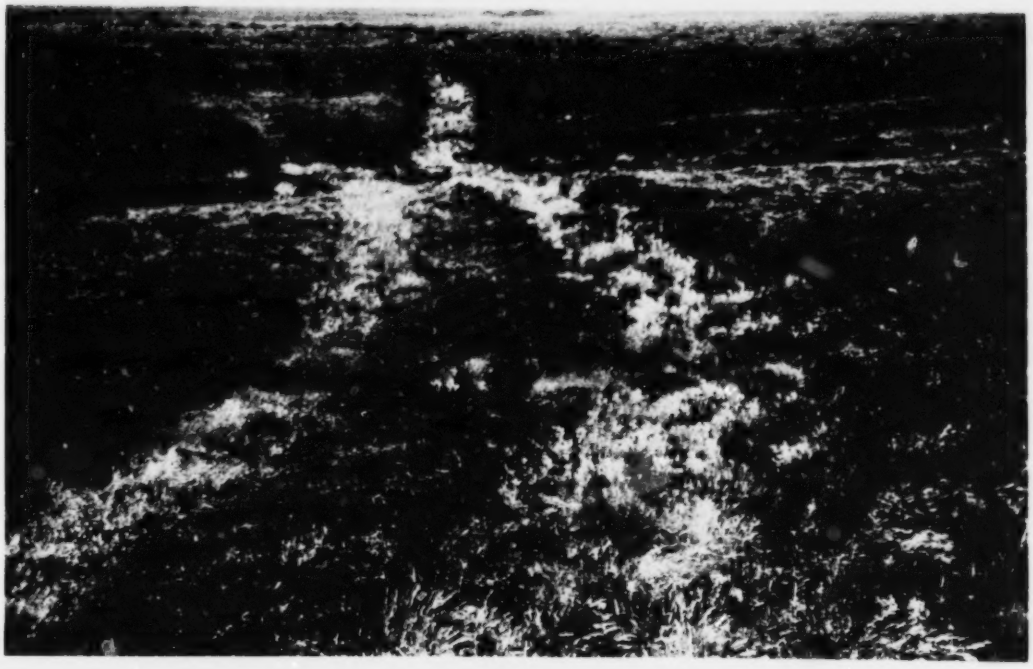
Pendant la construction des routes de diverses catégories supérieures, il faut éviter d'enlever trop de neige des lacs ou trop d'eau des lacs et des ruisseaux. Si on enlève des quantités trop grandes de neige pour épaissir la couverture de glace ou si on épuise les réserves d'eau, on peut mettre en danger la vie des poissons qui hivernent.

Exploitation et entretien

Dans les secteurs pergélisolés, seuls les véhicules à chenilles ou les véhicules munis de pneus ballons et exerçant une faible pression sur le sol peuvent être utilisés sur les sentiers temporaires d'hiver. Les remorques et les camps mobiles doivent être montés sur skis afin de ne pas entrer en contact avec la couverture végétale et afin de perturber le moins possible la surface. Dans les secteurs de toundra, même si la construction n'a causé qu'un minimum de perturbation, il arrivera souvent dès l'été ou au cours des étés suivants, d'apercevoir du haut des airs, les sentiers d'hiver même si on n'a passé qu'à quelques reprises dans ces sentiers avec des véhicules exerçant une faible pression sur le sol.

Si le sentier d'hiver est utilisé par des véhicules sur roues, l'entretien en permanence s'imposera. Les véhicules sur roues qui empruntent habituellement les autoroutes ne doivent pas circuler sur les sentiers d'hiver dans les secteurs de toundra car ils tassent le terrain, forment des ornières et endommagent la végétation de surface.

L'entretien des sentiers d'hiver dans les régions pergélisolées est réduit au minimum. Les endroits découverts par l'usure, les rayons de soleil ou d'autres facteurs doivent être couverts de neige qui sera légèrement tassée



Un réseau séismique construit l'hiver précédent est à peine visible l'été suivant. (H. Hernandez)

Vue d'un réseau séismique construit il y a 8 ans, au cours de l'été à l'aide de bulldozer. La construction de réseaux séismiques durant l'été n'est plus permise dans les secteurs où il y a possibilité de perturbation du terrain. (H. Hernandez)

à l'aide d'un véhicule à chenilles. On doit faire des inspections périodiques. L'objectif principal de l'entretien est de maintenir la surface du sentier constamment recouverte de neige.

A part le recouvrement des points faibles, l'entretien des routes d'hiver de catégories supérieures ne représente pas de difficulté. On peut épandre du sable sur la surface de la route pour améliorer la traction. Il faut éviter que la sciure de bois utilisée sur la surface de la route pour réparer les nids de poule ou pour empêcher la fonte se déverse dans les cours d'eau.

Avec la venue du printemps, il faut voir à fermer la circulation sur les routes d'hiver avant que ne se forment des ornières profondes. La fermeture peut se faire à une date spéciale avant que des dommages ne se produisent, soit en raison des règlements ou à la suite d'inspection par les organismes chargés de l'utilisation des terres. La circulation de nuit peut être permise pendant une courte période avant la fermeture complète pourvu que la surface de la route gèle pendant la nuit.

Résultat après 100 passages dans la toundra au printemps, par un véhicule à chenilles léger. (H. Hernandez)

ILLUSTRATION DE LA PLANIFICATION D'UNE ROUTE D'HIVER

Cette partie décrit la planification d'une route d'hiver théorique. Elle a pour but de donner aux planificateurs une idée des situations concrètes auxquelles ils peuvent avoir à faire face lorsqu'ils choisiront une route d'hiver et le tracé adéquat pour cette route.

La route est située dans une zone de pergélisol intermittent. Elle doit servir au transport de l'équipement et du matériel sur l'emplacement d'une mine située à près de 200 à 300 milles (320 à 400 kilomètres), selon le tracé choisi. Le poids total de l'équipement à transporter est de 10 000 tonnes (9 000 tonnes métriques). Les charges maximales seront de 40 tonnes (36 tonnes) et les charges moyennes de 20 tonnes (18 tonnes). Sur une courte période, les camions semi-remorques sont les véhicules qui donneront le meilleur rendement pour le transport de telles quantités de matériel et d'équipement. Les camions devront effectuer 500 voyages.

Même si on n'a pas déterminé le budget pour la construction de la route, les propriétaires désirent une route dont le rendement sera satisfaisant et ce au coût le moins élevé. Il faudra prévoir la construction d'une route permanente pour se rendre à la mine.

Choix du tracé initial

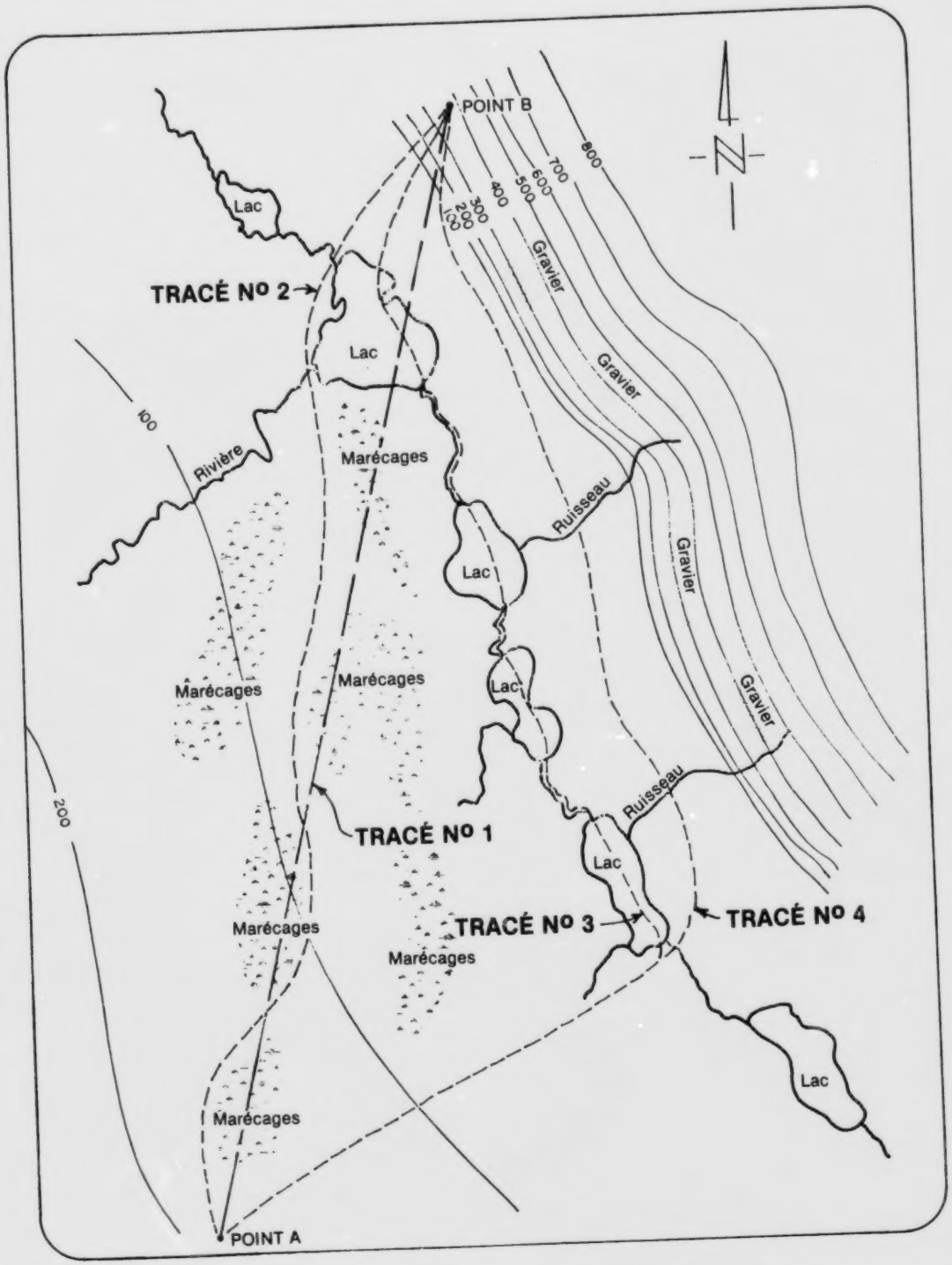
La planification du tracé de la route, présuppose, de toute nécessité une carte topographique du secteur à une échelle satisfaisante par exemple 1:250 000 ou plus comme celle dont on s'est servi et qui est illustrée à la page suivante.

Dans ce cas-ci, le tracé se trouve sur une zone à pergélisol intermittent; mais, s'il devait traverser un terrain plus accidenté, les photos aériennes pourraient être utiles.

Certaines caractéristiques topographiques évidentes du secteur son visibles sur la carte. On retrouve des terres basses et marécageuses le long du tracé situé directement entre les points A et B qui indiquent le départ et la destination de la route. On aperçoit aussi un lacet de lacs entre les deux points mais les lacs ne suivent pas un tracé droit. A l'est des lacs, le terrain s'élève abruptement jusqu'à un secteur sec et protégé.

L'illustration du tracé commence par une ligne droite tirée sur la carte entre les points A et B. Ce tracé numéro 1 est le plus court, c'est-à-dire d'environ 200 milles (320 kilomètres). Il suit un terrain plat sans pente abrupte mais il traverse aussi plusieurs grands marécages et un lac assez vaste; ces dernières caractéristiques peuvent entraîner des difficultés si la pénétration du gel se fait tardivement ou si la glace s'épaissit lentement.

Illustration de la planification d'une route d'hiver



Secteur que devra franchir la route d'hiver.

Illustration de la planification
d'une route d'hiver

Dans le tracé numéro 2, on retrouve les avantages du tracé numéro 1 tout en évitant les désavantages. Ce tracé contourne les grands marécages et les grands lacs, il ne traverse qu'une rivière importante, il représente le plus court chemin sur terre avec le moins de difficulté, soit une distance de 230 milles (370 kilomètres), et il s'étend sur un terrain relativement plat et sur lequel il n'y a pas de pente abrupte. Cependant, il y a un nouveau problème, c'est-à-dire le passage d'une importante rivière. Mais, comme la rivière est assez large et que son débit est faible à l'endroit où le tracé doit la traverser, la construction d'un pont de glace ne présente pas de difficulté.

L'alignement de la chaîne de lacs laisse entrevoir une troisième possibilité qui sera le tracé numéro 3 représentant une route d'environ 290 milles (470 kilomètres) s'étendant en partie sur terre et en partie sur glace. Les tronçons situés sur la glace peuvent être construits plus rapidement et coûteront beaucoup moins cher qu'un tracé sur terre et les tronçons situés sur terre ne traverseront aucune pente abrupte. Mais la construction des tronçons sur la glace ne pourra commencer avant que la glace n'ait au moins 12 pouces (30 centimètres) d'épaisseur, et les charges lourdes ne pourront être transportées avant que l'épaisseur de la glace n'ait atteint 40 pouces (100 centimètres).

Il y a une dernière possiblité, c'est-à-dire le tracé numéro 4 qui traversera des terrains plus élevés et plus secs que dans les autres tracés. Il n'y a aucune rivière importante sur ce tracé et on n'y rencontre que deux ruisseaux de peu d'importance qui seront probablement gelés jusqu'au fond ou complètement à sec en hiver. Des dépôts de gravier se trouvent dans le secteur situé à l'est du tracé mais cependant ils ne seront pas très utiles pour la construction de la route d'hiver. Un inconvénient très net de ce tracé est qu'il est le plus long des trois c'est-à-dire 320 milles (510 kilomètres).

Protection de l'environnement

Après avoir consulté les fonctionnaires locaux de l'utilisation des terres, il s'avère que des quatre tracés, seul le tracé numéro 2 peut éventuellement représenter des difficultés d'ordre environnemental. Ce tracé traverse une rivière qui sert d'habitat d'hiver aux poissons. L'utilisation de rondins ou de bran de scie pour la construction du pont de glace ou encore le gel jusqu'au fond, de l'emplacement de la traversée, pourraient causer des difficultés. On a donc convenu que si le tracé numéro 2 était choisi, on ne se servirait ni de rondins ni de bran de scie pour la construction du pont et que l'emplacement définitif de la traversée serait choisi après consultation des fonctionnaires du département local des pêches.

Illustration de la planification
d'une route d'hiver

Catégorie de routes

Pour plusieurs raisons, on peut limiter, dans cet exemple, les catégories de routes aux sentiers d'hiver et aux routes sur la glace. Premièrement, le volume de circulation de ce genre de routes est relativement faible. A l'exception des véhicules légers tels les automobiles et les petits camions, il n'y aura que 500 voyages d'une charge moyenne de 20 tonnes (18 tonnes métriques) qui passeront sur ces routes. Tous les sentiers d'hiver ou toutes les routes sur la glace bien construits peuvent facilement supporter ces charges et aussi la charge maximum qui sera de 400 tonnes (36 tonnes métriques). Deuxièment, toutes les autres catégories de routes coûteraient plus cher à construire et à entretenir. Et troisièmement, à l'exception du tracé numéro 2 sur lequel on indique le passage d'une rivière, il n'y a d'exigence relative à la protection de l'environnement sur aucun de ces tracés.

Climat

En fonction des quatre tracés possibles et de la catégorie de routes, il faut donc obtenir des données relatives au climat afin de faciliter le choix du "meilleur" tracé.

L'étude des registres météorologiques du secteur donne les renseignements suivants:

- date normale du début du gel — 1er octobre
- date normale où l'accumulation de la neige atteint 4 pouces (10 centimètres) — 15 novembre
- date normale où l'accumulation de jours-degrés de gel est de 500°F (306°C) — 1er décembre
- date normale du gel des lacs (12 pouces ou 30 centimètres de glace) — 15 décembre
- date normale du début du dégel — 1er avril

Dans ces conditions qui représentent une année régulière, la construction d'un sentier d'hiver sur un terrain sec pourrait commencer le 15 novembre alors qu'il y aurait une accumulation de 4 pouces (10 centimètres) de neige. La construction d'un sentier d'hiver sur un terrain humide pourrait commencer le 1er décembre alors qu'on aurait atteint une accumulation de 550°F (306°C) de jours-degrés de gel. La construction d'une route sur la glace pourrait débuter le 15 décembre alors que la glace aurait atteint 12 pouces (30 centimètres) d'épaisseur sur les lacs. De façon générale, on ferme une route d'hiver au printemps lorsque les températures supérieures au point de congélation se sont maintenues telles quelques jours. La fermeture pourrait être prévue pour le 1er avril, date moyenne du début du dégel.

Ces tableaux ont été faits pour faciliter la comparaison entre les tracés. Ils ont été établis en fonction des données réunies au stade actuel du processus de planification.

Jours/transport

Tracé	Début de la construction	Jours de construction*	Date d'ouverture	Jours/ transport
Tracé nº 1 (ligne droite)	1er décembre	67	5 février	55
Tracé nº 2 (en lacet)	15 novembre	77	30 janvier	59
Tracé nº 3 (lacs)	15 novembre	73	25 janvier (charge limitée) 9 février (pleine charge)	66 (charge partielle) 51 (pleine charge)
Tracé nº 4 (élevé)	15 novembre	107	1er avril	31

* On suppose que la construction d'un sentier d'hiver progresse au rythme de 3 milles (5 kilomètres) par jour et que la construction d'une route sur la glace progresse au rythme de 5 milles (8 kilomètres) par jour.

Coûts

Tracé	Construction	Entretien	Coût total
Tracé nº 1 (ligne droite)	$ 200 000	$ 78 500	$ 278 500
Tracé nº 2 (en lacet)	$ 230 000	$ 97 000	$ 327 000
Tracé nº 3 (lacs)	$ 202 500 (50% sur terre, 50% sur glace)	$ 63 000 (sur terre seulement)	$ 265 500
Tracé nº 4 (élevé)	$ 320 000	$ 69 000	$ 389 000

Nota: La construction des sentiers d'hiver coûte $1 000 le mille ($630 le kilomètre) et leur entretien coûte $50 le mille par semaine ($32 le kilomètre par semaine). La construction et l'entretien d'une route sur la glace coûte $500 le mille ($320 le kilomètre). Les coûts d'essartage ne sont pas compris car l'essartage n'est nécessaire pour aucun de ces tracés.

Illustration de la planification
d'une route d'hiver

Choix du tracé

Le tracé n° 1 qui est le tracé en ligne droite pourrait être construit et entretenu au coût relativement bas de $278 500. Mais sa courte durée d'utilisation qui est de 55 jours pourrait en faire un choix inférieur surtout durant un hiver où la période de gel commencerait tardivement.

La construction et l'entretien du tracé n° 2 qui représente une version "en lacet" du tracé n° 1 coûterait la somme élevée de $327 000. Cependant, sa durée d'utilisation à pleine charge de 59 jours, soit la plus longue parmi tous les tracés, serait suffisamment étendue pour transporter toutes les charges nécessaires ce qui ne serait peut-être pas le cas pour les autres tracés dont la durée d'utilisation est plus courte.

Le tracé n° 3 qui représente un sentier de "lacs" dont le coût de construction et d'entretien serait de $265 500, serait le moins coûteux. C'est aussi le tracé qui offrirait la plus longue durée d'utilisation c'est-à-dire, 66 jours. Il faudrait cependant limiter les chargements pendant les 15 premières journées. La formation tardive de glace sur les lacs pourrait diminuer la durée d'utilisation de la route.

Le tracé n° 4 qui représente une route "élevée" dont le coût de construction et d'entretien serait de $389 000 serait non seulement le plus coûteux mais aussi celui dont la durée d'utilisation serait la plus courte, soit 31 jours. En période de gel tardif, la route pourrait ne pas être achevée à temps pour être ouverte à la circulation. Si les dépôts de gravier étaient situés à l'est du tracé, celui-ci offrirait davantage d'attrait pour la construction d'une route permanente.

Sous réserve des résultats de la reconnaissance sur les terrains, il est évident que le tracé n° 3 dont le coût est le moins élevé et dont la durée d'utilisation est la plus longue, représente le meilleur choix dans l'ensemble pour la construction d'une route d'hiver en direction de l'emplacement de la mine. En cas de gel tardif, le tracé n° 2 serait préférable car il offrirait davantage de temps pour les opérations de transport et ce à un coût additionnel de $83 500.

Reconnaissance du terrain

Une reconnaissance du terrain sur les tracés démontre que les marécages qui longent les tracés n^{os} 1 et 2 sont profonds et qu'il est peu probable qu'ils gèlent rapidement. Si les chutes de neige étaient plus élevées qu'en temps normal, il faudrait tasser la neige à l'aide de véhicules à chenilles à roulement doux pour accélérer la pénétration du gel sur l'un ou l'autre de ces tracés. Cette situation causerait une augmentation des coûts et de la durée des délais de construction. Il faudrait donc apporter des modifications mineures au tracé n° 2 afin d'éviter les secteurs qui représentent des difficultés.

Le tracé n° 3 s'est avéré confome aux prévisions. Il serait nécessaire de faire certains réaménagements mineurs au tracé afin d'éviter les sources et les décharges des rivières au croisement des lacs ce qui pourrait représenter certains dangers en raison de la dénivellation de l'eau.

Le tracé n° 4 est aussi conforme aux prévisions. On a effectivement localisé l'important dépôt de gravier dans le secteur situé à l'est du tracé proposé.

Étant donnés ces résultats et les raisons ci-haut mentionnées, il semble que le tracé n° 3 soit le meilleur pour une route d'hiver qui donnera accès à la mine.

Phases de la construction

Vu qu'une route permanente sera bientôt nécessaire, on a décidé d'économiser sur les coûts en combinant la construction de la route d'hiver d'après le tracé n° 3 et celle de la route permanente d'après le tracé n° 4. Le tracé n° 4 représente le choix logique pour la construction de la route permanente surtout à cause des dépôts de gravier qui sont situés à l'est du tracé.

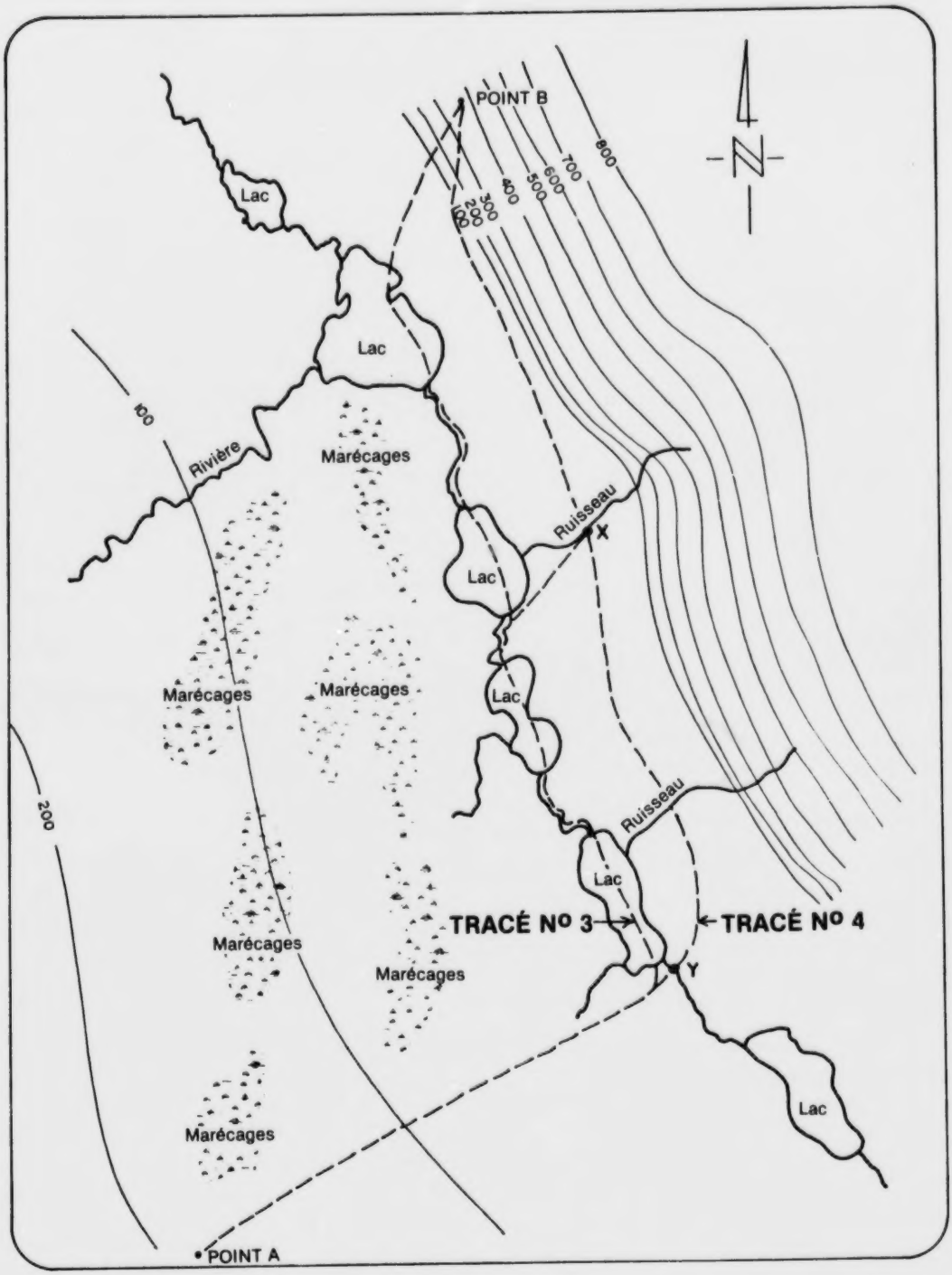
Les phases de la construction sont planifiées de la façon suivante (voir la carte à la page suivante). La route d'hiver construite au cours du premier hiver servira au transport de l'équipement jusqu'à la mine afin que les travaux de construction de la route permanente située au sud de la mine puissent débuter au cours du premier été. Le tronçon de la route permanente qui va de la mine au point X devrait être achevé à la fin de l'été; ce qui permettra d'avoir un tronçon de route déjà construit au nord pour la construction du sentier d'hiver qui sera fait au cours du deuxième hiver. A la fin du deuxième été, la route permanente devrait être construite jusqu'au point Y, ainsi il n'y aurait qu'un court tronçon de route d'hiver à construire au cours du troisième hiver. A la fin du troisième été, la route permanente devrait être achevée et la route d'hiver abandonnée.

Vérifications préliminaires à la construction et plans d'imprévus

A l'approche du début de la construction de la route d'hiver, on doit vérifier de près l'état du gel, les accumulations de neige et les jours/degrés de gel. Les équipes qui travaillent sur le terrain et qui se déplacent en motoneige peuvent vérifier la pénétration du gel et l'épaisseur de la glace sur les lacs. Les conditions de gel près de la normale ayant été atteintes, la construction selon les plans proposés pourra commencer.

Tout écart important dans les conditions normales de gel peuvent nécessiter des modifications de plan. Il est possible qu'à cause d'un gel très tardif et d'une faible formation de glace sur les lacs, il soit nécessaire que l'un des tracés de rechange soit choisi plutôt que d'attendre de meilleures conditions. Ainsi il sera possible de commencer la construction de la route d'hiver sur le tracé qui représente le deuxième choix et d'entreprendre dès que possible le transport d'hiver.

Illustration de la planification
d'une route d'hiver



Phases de la construction de la route d'hiver et de la route permanente qui conduit à la mine.

3e PARTIE

EXPÉRIENCE DE LA CONSTRUCTION DES ROUTES D'HIVER AU CANADA ET EN ALASKA

Habituellement, les constructeurs de routes d'hiver ont de fortes connaissances pratiques sur les modes de construction des routes servant à des usages précis dans des secteurs particuliers. Afin de pouvoir puiser à cette source de renseignements, nous avons interviewé des employés qui ont participé à la construction de plus de 250 routes d'hiver au Canada et en Alaska et pour rendre accessible cette expérience de valeur, nous donnons les résultats des interviews faits en 1977 dans la section qui suit. Afin de multiplier nos contacts avec les gens ayant de l'expérience dans la construction des routes d'hiver, nous avons fait parvenir des questionnaires à des personnes dans tout le Canada et l'Alaska, tant dans les ministères gouvernementaux que dans le secteur privé. Lorsque ce fut possible, nous avons organisé des rencontres personnelles ou fait des appels téléphoniques dans le but de recueillir le plus de facettes possibles de l'expérience relative à la construction des routes d'hiver vécue par chacune de ces personnes. Les résultats des entrevues ont été agencés et colligés de façon à mettre en relief les techniques particulières des diverses régions.

Les personnes interviewées ont été divisées en superviseur et en entrepreneur/constructeur. Quoique certaines de ces personnes travaillent maintenant dans d'autres sphères d'activité, elles ont toutes contribué à la construction de routes d'hiver, certaines d'entre elles pendant aussi longtemps que 30 ans

Une grande partie des renseignements recueillis à la suite de ces interviews à déjà été utilisée dans les premières parties de ce manuel qui traitent de façon générale des différentes catégories de routes d'hiver. Ici l'accent est mis sur les méthodes utilisées dans des régions précises ou par un secteur précis de l'industrie pour la construction d'une route précise. Les routes décrites vont des sentiers d'hiver servant au transport et à l'entretien de l'équipement de forage aux routes de granulats de glace construites à des fins expérimentales. Certaines routes, tel le réseau des routes d'hiver du Manitoba, sont reconstruites année après année aux mêmes endroits; d'autres, telles les routes forestières, sont construites pour la durée d'une saison et sont ensuite abandonnées.

Les interviews reflètent aussi fidèlement que possible les opinions des conducteurs et des constructeurs de routes d'hiver et ne représentent pas nécessairement mes propres conceptions et opinions. C'est pour cette raison que je conclus cette partie du présent manuel par un bref commentaire.

Il est à espérer que les personnes qui oeuvrent dans le domaine de la construction des routes d'hiver tirent profit de ces interviews, que ce soit par de nouveaux points de vue relatifs à d'anciennes méthodes, par des commentaires intéressants sur les méthodes utilisées dans les régions ou par des aperçus qui les empêcheront de vouloir "réinventer la roue".

COLOMBIE-BRITANNIQUE

Les routes d'hiver de la Colombie-Britannique sont principalement des routes de transport utilisées par l'industrie des pâtes et papier. Certaines le sont par des sociétés d'exploration pétrolière pour des travaux de prospection géosismique et pour desservir les emplacements de forages situés dans la partie nord-est de la province. Quelques routes d'hiver, comme celle qui va vers le nord, de Fort Nelson au Yukon et celle qui va, vers le nord-est, de Fort Nelson au nord du lac Kotcho sont rétablies la plupart des hivers.

Quelques entrepreneurs en provenance du nord de la Colombie-Britannique ont construit des routes d'hiver au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest, y compris les îles de l'Arctique. Leur expérience est consignée dans le secteur géographique approprié (Yukon et Territoires du Nord-Ouest).

Routes utilisées par l'industrie des pâtes et papier

Peu de routes forestières de la Colombie-Britannique, si même il en existe, traversent des régions de pergélisol et c'est pourquoi on se préoccupe peu de la couche de surface. La plupart des pistes sont ouvertes au moyen de bulldozers qui enlèvent la couche supérieure jusqu'au sol minéral, obtenant ainsi une surface lisse. Bien que ces routes répondent à l'appellation "routes d'hiver", la définition suivante donnée par une société manufacturière de pâtes et papier illustre le mieux leur utilisation dans cette industrie: une route d'hiver est celle qui permet à l'industrie d'avoir accès à certains secteurs, pour pouvoir transporter les grumes, au cours des mois d'hiver, dans les régions non accessibles en été, sauf aux véhicules légers, pendant les périodes sèches. C'est pourquoi en Colombie-Britannique, un grand nombre de routes d'hiver traversent des terres humides basses. Pour cette raison, elles sont normalement plutôt courtes, et bifurquent habituellement d'une route de transport principale ves une zone de coupe.

Les tracés sont établis en fonction de la pente comme critère principal. La déclivité des pentes ascendantes empruntées par les véhicules chargés ne doit pas excéder 6 à 8 pour cent et celles des pentes descendantes doit être de moins de 14 pour cent. Car, il faut sabler même les pentes de 12 pour cent d'inclinaison pour assurer la traction.

Ces routes sont prévues 18 mois à l'avance et leurs plans présentés au Forest Service de la Colombie-Britannique pour approbation. La traversée des cours d'eau constitue souvent une source de controverse. La construction peut être entreprise dès que les plans ont subi les modifications nécessaires.

Dans les marécages et les fondrières, on se sert d'un véhicule à chenilles léger pour fouler la neige et écraser la végétation. On évite si possible les marécages, car il n'est pas sûr qu'ils gèlent. Si cependant, il est nécessaire de les traverser, on a alors recours à des routes d'hiver. Si le temps doux se prolonge et qu'il tombe une couche de neige hâtive, ce sont alors des hommes chaussés de raquettes qui foulent le chemin.

Dans les secteurs couverts de forêts, la préparation de la route d'hiver comporte le défrichement de l'emprise, qui est habituellement de 66 pieds (20 mètres) de largeur, l'année précédant le moment d'utilisation prévue. Le bois vendable est récupéré et stocké. On élimine les débris en les brûlant ou en les incorporant aux matériaux de nivellement de la route. Normalement, un nivellement léger suffit car la neige offre des avantages à cet égard. On utilise des ponceaux pour la traversée des petits cours d'eau, bien que l'on ait parfois recours à des ponts en billes de bois. On a même utilisé des ponts semi-permanents tels que les ponts Bailey à certains endroits de traversée, sur de pistes d'hiver permanentes de la Colombie-Britannique.

Le service des Pêches exige la construction de ponts pour franchir les cours d'eau de frai ou des cours d'eau desservant des secteurs de frai; il est même arrivé à ce service de mettre fin aux travaux en raison de l'envasement. Les routes sont en effet le facteur qui contribue le plus aux dépôts de silt, étant donné que le sol le long des routes est entièrement découvert. On utilise parfois la piste en rondins, mais, en général, sur moins de 2 pour cent de la longueur. La route est façonnée l'hiver précédant son utilisation laquelle ne pose aucun problème l'hiver suivant, en autant qu'il gèle suffisamment pour en durcir la surface. Près de Prince George, on commence normalement à utiliser ces routes au début de novembre. Comme la plupart des routes servant à la coupe, des charges pouvant atteindre 300 000 livres (136 000 kilogrammes), sur 5 essieux, sont chose commune. La vitesse normale est de 15 à 20 milles (24 à 32 kilomètres) à l'heure sur les routes d'hiver, et de 30 milles (48 kilomètres) à l'heure sur les routes de transport principales. L'une des caractéristiques de ces routes est de pouvoir être parcourues jusqu'à 4 000 fois.

Le coût de construction des routes d'hiver va de $3 000 à $6 000 le mille ($2 000 à $4 000 le kilomètre), le chiffre le plus élevé correspondant aux cas où il y a plus de défrichage.

L'entretien consiste principalement dans l'enlèvement de la neige, bien qu'un nivellement à l'aide d'équipement motorisé soit souvent nécessaire. A l'approche du printemps, les ponceaux sont vérifiés pour s'assurer qu'ils sont bien ouverts, et la fonte s'effectue au moyen d'un procédé à la vapeur, lorsque c'est nécessaire. Ces routes cessent normalement d'être utilisées à partir du 15 mars ou du 1er avril.

La plupart des problèmes liés aux pistes permanentes se révèlent tôt et sont rectifiés au cours de la première année d'utilisation. On creuse, sur les pentes des pistes que l'on a cessé d'utiliser, des rigoles anti-érosion et de petits fossés, pour faciliter le drainage. La végétation retirée de l'emprise des pistes d'hiver temporaires se rétablit naturellement en moins de 2 ou 3 ans. Dans le nord de la Colombie-Britannique, par exemple, les pistes d'exploration séismique ne pourraient plus être répérées après 30 ans.

Camion à bascule déchargeant du gravier sur une emprise de route

Utilisation de granulats pour combler les cavités des emprises de routes. Cette pratique est caractéristique des secteurs où il n'y a pas de pergélisol.

Colombie-Britannique

Traversée de la rivière Fraser et du lac Williston

Seulement deux endroits de traversée sont utilisés en Colombie-Britannique: un point de la rivière Fraser où l'eau est peu profonde, à Prince George, ainsi qu'une traversée sur la glace du lac Williston. La piste de traversée, située à l'endroit où l'eau est peu profonde, et qui est conçue à chaque hiver par la Northwood Pulp and Paper Company permet, au cours de l'hiver, un accès plus direct à l'usine pour le transport des billes de bois. Des pieux sont enfoncés le plus profondément possible en deux rangées parallèles à 10 pieds (3 mètres) les uns des autres, de centre à centre, en partant du rivage. Des modules de pont réutilisables de 10 pieds (3 mètres) de longueur sont fixés aux pieux permettant à la machine utilisée pour enfoncer les pieux de s'avancer progressivement sur le pont partiellement achevé. Cette façon de procéder est répétée jusqu'à ce qu'on ait parcouru les 400 pieds (122 mètres) de largeur de la rivière. Après avoir été utilisé pendant tout l'hiver, ce tablier de pont est retiré avant la débâcle printanière et les pieux sont éliminés par les glaçons flottants. Le coût annuel de réinstallation du pont est d'environ $20 000.

L'installation permettant de traverserle lac Williston sur la glace est construite chaque année par les B.C. Forest Products of Mackenzie, de la Colombie-Britannique. Des radeaux pré-construits de 600 pieds (183 mètres) de long sur 70 à 80 pieds (20 à 25 mètres) de large, (longueur des troncs), rangés le long du rivage le printemps précédent, sont mis en place par des remorqueurs chaque automne et attachés ensemble, d'une rive à l'autre. Un câble parcourant toute cette longueur, de chaque côté des radeaux, les maintient en place pour former une installation de traversée de 7 500 pieds (2 300 mètres) de long. Le choix du moment de mise en place est essentiel. Si les radeaux sont installés trop tôt, les vagues vont les séparer les uns des autres; si par contre on les met en place trop tard, l'épaisseur de la glace va nuire à l'installation. Une fois que le lac est gelé, on pompe de l'eau sur les radeaux, en formant des couches de glace successives jusqu'à ce que l'on ait atteint l'épaisseur nécessaire. La formule de Gold, $P = Ah^2$, où "P" équivaut à la charge permise et "h" à l'épaisseur de la glace, est utilisée comme critère d'utilisation de cette installation. Selon cette formule, (quoique en utilisant des valeurs de "A" plus élevées que ne le recommande Gold), une charge de 140 000 livres (63 400 kilogrammes) exige 36 pouces (92 centimètres) de glace et une charge de 200 000 livres (90 600 kilogrammes) en exige une de 42 pouces (107 centimètres). Le processus d'inondation excède normalement une largeur de 100 à 120 pieds (30 à 36 mètres), mais atteint souvent 200 pieds (60 mètres). On fait la navette avec les pompes, le long de l'emprise, jusqu'à ce que l'on ait obtenu l'épaisseur de glace nécessaire. Il est possible de recouvrir d'un pouce (2,5 centimètres) de glace, toute la longueur du pont, en 8 heures, au moyen d'une grosse pompe hydraulique. Cette première couche de glace doit cependant être bien gelée avant d'inonder davantage car, de l'eau restée coincée entre deux couches de glace, créera un secteur faible sur le pont.

Les chutes de neige constituent un problème éventuel, dans la construction de l'installation de traversée du lac Williston. Il est important d'enlever ou de tasser la neige. L'enlèvement n'est cependant pas possible au cours des premières étapes de la construction du pont, à cause de la trop faible épaisseur de la glace. Dans ce cas, on mouille la neige, pour la faire s'affaisser, obtenant ainsi une certaine compacité base d'une glace de qualité

inférieure. Lorsque le pont est assez épais pour supporter un chasse-neige, la neige est repoussée vers les côtés. Les remblais ainsi formés retiennent l'eau, au cours du travail d'inondation et empêchent que de la neige ne vienne, en dérivant, couvrir le pont.

La base de billes de bois fournit un lien qui réduit la formation possible de crevasses. Ces billes ont aussi un effet psychologique positif sur les conducteurs de camions. Cependant, leur apport à la solidité du pont est considéré comme faible relativement à la solidité d'ensemble de la glace.

On utilise le passage pour des charges pouvant aller jusqu'à 100 tonnes (90 tonnes métriques), dont le nombre pourra atteindre 200 chargements par jour. La pression exercée sur le double essieu arrière des camions est souvent de 55 tonnes (50 tonnes), en raison de la distribution inégale du poids, les billots ayant conservé leur pleine longueur. Certains problèmes sont occasionnés par les baisses de niveau d'eau, le lac Williston faisant parti du bassin de retenue du barrage Bennett. Le passage est cependant vérifié régulièrement pour y déceler les crevasses et l'arroser si nécessaire. Aucun enfoncement n'est survenu sur le passage; un conducteur, cependant, égaré dans le brouillard s'élevant de la glace fraichement arrosée, a quitté l'emprise et les essieux arrière de son camion ont rompu la glace. Le camion fut cependant tiré et remis sur l'emprise sans plus d'incident. La vitesse d'un véhicule est considérée comme très importante sur le passage du lac Williston. Une vitesse de moins de 5 milles (8 kilomètres) à l'heure peut provoquer des fissures, probablement parce que le véhicule agit comme une charge statique, alors que s'il circule trop rapidement, il donne lieu, à une vague hydro-dynamique, qui crée une faille dans la glace, un fois que la vague a frappé le rivage.

Transport de billes de bois sur une piste d'hiver permanente de la Colombie-Britannique. (Environnement Canada).

ALBERTA

La Alberta Government Forest Land Use Branch définit les routes d'hiver comme des routes d'accès n'exigeant pas de mesures de drainage et construites au cours de la saison d'hiver. Ceci, pour faire contraste avec les routes accessibles à l'année longue qui doivent être munies de fossés pour assurer un drainage suffisant. Les routes d'hiver ont droit à une emprise maximale d'une largeur de 40 pieds (12 mètres). En 1976-1977, environ 2 000 milles (3 200 kilomètres) de routes d'hiver ont été construites pour desservir les travaux d'exploration pétrolière et gazière du Nord de l'Alberta. La plupart de ces routes ont en moyenne une longueur de 5 milles (8 kilomètres) et une longueur maximale de 15 à 20 milles (22 à 32 kilomètres).

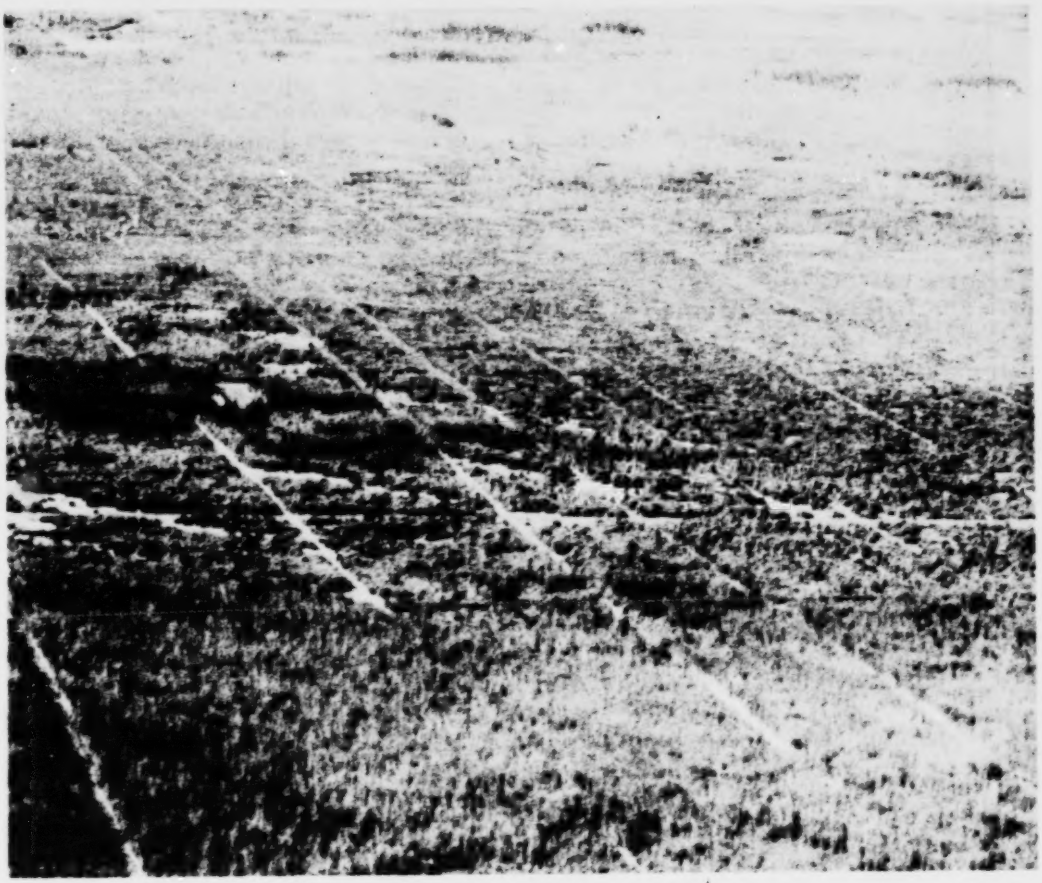
En 1961, le gouvernement de l'Alberta a formé son propre Forest Land Use Branch. Aujourd'hui, cette Direction comporte 11 bureaux de district sur le terrain dispersés sur toute l'étendue de la province chargés de l'inspection d'ensemble de la construction des routes d'hiver. Une société se proposant de construire une route d'hiver doit d'abord faire une demande au bureau de district local pour s'assurer que le tracé choisi répond aux normes de l'environnement. Une fois que le tracé a obtenu l'approbation du bureau de district local, la demande est expédiée au bureau principal d'Edmonton, pour recevoir l'approbation finale.

La construction des routes d'accès d'hiver est généralement réalisée au moyen de tracteurs à chenilles D7, D8 ou D9, qui sont utilisés pour défricher les pistes et tasser la neige. Le nivelage se fait par le passage de la lame du tracteur en marche arrière. Dans les régions situées au sud du 55°30' de latitude, la Land Use Branch exige que l'on récupère tout le bois vendable. Cette règle ne s'applique cependant pas au nord du 55°30' de latitude, à moins que cette récupération ne soit économiquement réalisable. Les abords des cours d'eau peuvent être défrichés pour permettre l'établissement des pentes appropriées, pourvu que l'on ne jette pas les abattis dans ces cours d'eau. Le bois coupé peut être utilisé pour la construction de ponts sur la glace, bien que l'on doive retirer ces ponts, avant la débâcle. La Land Use Branch ne s'oppose pas à l'enlèvement de la couche végétale ou au creusage et remplissage, s'ils sont nécessaires pour réaliser la pente appropriée; cependant, lorsque la route n'est plus utilisée, il faut redonner à ces secteurs leurs contours naturels et en assurer le reboisement. Les troncs d'arbres qui ont été relégués hors de l'emprise, au cours de la construction, doivent être étendus sur la piste et écrasés, pour aider à leur décomposition. Cette opération est généralement réalisée au moyen de gros tracteurs à chenilles.

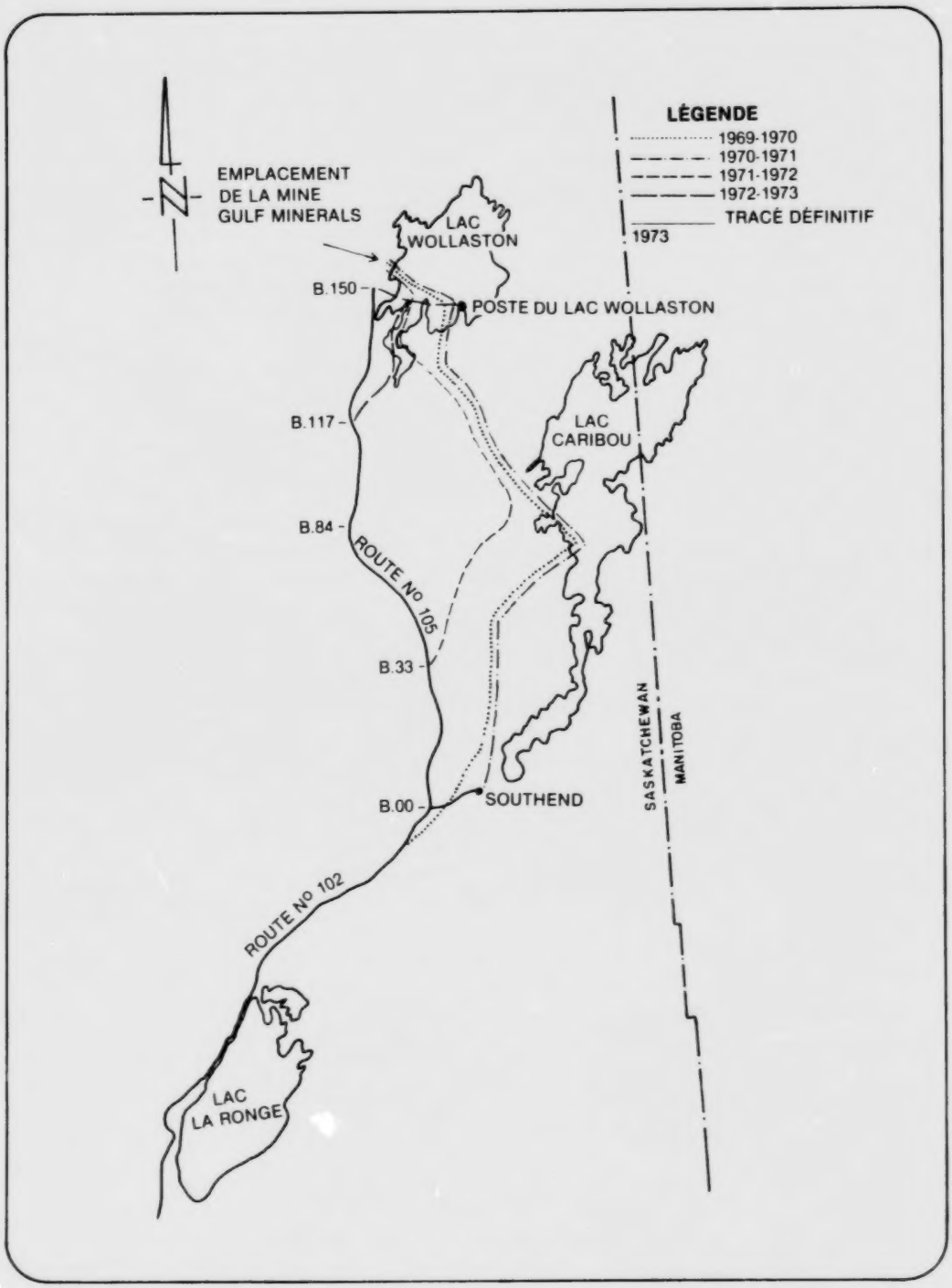
Les dates d'ouverture et de fermeture des routes en question sont déterminées par l'entrepreneur, et non par l'inspecteur de l'utilisation des terres. La fonction principale de ce dernier est en effet d'empêcher que l'on cause des dommages à l'environnement et de faire en sorte que soit réalisés les travaux de nettoyage et de restauration. Si un entrepreneur cause des dommages, parce qu'il utilise une route trop tôt ou trop tard, au cours de la saison, c'est lui qui en assume la responsabilité. Une fois effectuée la restauration finale, à la satisfaction de l'inspecteur de l'utilisation des terres, l'entrepreneur se voit délivrer un certificat de restauration qui le dégage de toutes responsabilités ultérieures.

Les pistes d'exploration séismique sont restreintes à une largeur d'emprise de 25 pieds (8 mètres). Dans les secteurs délicats du point de vue de l'environnement, seul l'équipement transportable par hélicoptère est permis, l'emprise étant restreinte à un maximum de 8 pieds (2,4 mètres).

Pour limiter, en nombre, la construction de nouvelles routes, la Alberta Forest Land Use Branch exige que toutes les routes d'accès et routes d'exploitation de coupes soient utilisées, lorsque la chose est possible. Pour permettre à l'industrie de mieux comprendre ses buts et lignes directrices, et afin de décrire par l'image ce que l'on attend de l'industrie en matière de routes d'accès, cet organisme publie actuellement une brochure intitulée "Guide-lines for Land Use Operations". On prévoyait pouvoir offrir cette brochure au public à l'automne de 1977.



Lignes séismiques au nord de l'Alberta. (K.M. Adam)



Route du lac Wollaston

SASKATCHEWAN

Au cours des dernières années, les activités déployées en Saskatchewan dans le secteur des routes d'hiver ont porté sur deux artères principales du Nord -- la route du lac Wollaston et la route d'Uranium City. On parle de ces deux routes comme de routes de mise en valeur. Celle du lac Wollaston est exploitée par le Department of Highways. On y trouve de courtes ramifications qui sont des routes d'hiver ayant pour but de desservir des collectivités éloignées. La route d'Uranium City est exploitée elle par le Department of Northern Saskatchewan, qui s'occupe aussi de construire des voies d'accès à d'autres collectivités éloignées.

Route du lac Wollaston

La première version de la route du lac Wollaston a été construite en 1969, pour permettre le transport de fret vers l'emplacement d'un nouveau projet d'exploitation d'uranium, au lac Wollaston. Elle a maintenant 230 milles (371 kilomètres) de long et traverse des terrains précambriens, même si sur une distance de 173 milles (279 kilomètres) elle a déjà été construite sur la glace du lac. Par suite des travaux continus effectués entre 1970 et 1973, la qualité a été améliorée et elle est devenue une voie de terre permanente. La technique d'amélioration de la qualité d'une route d'hiver importante en une route terrestre de pionniers de catégorie inférieure est utilisée dans le but d'en tirer rapidement avantage au coût le moins élevé possible. (Tuer et McMillan, 1974).

Le processus de l'aménagement de la route du lac Wollaston vaut la peine d'être mentionné, parce qu'il montre comment la route d'hiver initiale a été graduellement remplacée par la route permanente. En 1969-1970, la route d'hiver a pris naissance à titre d'extension de la route 102, et partait juste au sud et à l'ouest de Southend. Elle s'est poursuivie vers le nord-est, jusqu'au lac Reindeer puis vers le nord-ouest jusqu'au lac Wollaston. Au cours de l'été et de l'automne 1970, la route 102 fut prolongée jusqu'à Southend; c'est pourquoi, l'hiver suivant, la route d'hiver partait de Southend, en suivant, à partir de là, le même tracé qu'auparavant, pour se rendre au lac Wollaston.

En 1971, on entreprit la construction d'une route de pionniers (permanente) de 150 milles (240 kilomètres) de long à la borne 0.0, à l'ancien carrefour de la route 102 et de la route d'hiver. A l'automne, la construction de la route de pionniers était achevée jusqu'à la borne 33, de sorte qu'en 1971-1972, il fut suffisant de ne construire qu'une route d'hiver de 140 milles (225 kilomètres) de long, sur une nouvelle emprise, jusqu'à un point situé près du lac Reindeer, où elle rejoignait l'ancienne emprise se rendant au lac Wollaston. L'automne suivant, la route 105 avait été prolongée jusqu'à la borne 87. La route d'hiver de 1973-1974 suivait le tracé de la route permanente, jusqu'à la borne 117, puis obliquait vers le nord-est pour emprunter la surface gelée du lac Wollaston. Vers la fin de 1973, la route 105 était achevée jusqu'à l'emplacement de la mine.

Le tableau suivant indique le tonnage transporté annuellement sur la route d'hiver, alors que la route permanente était en construction. On donne aussi, par année, le nombre total de milles de route d'hiver achevés et la longueur de cette route parcourue sur la glace du lac.

Nombre de milles de route d'hiver et la progression de l'utilisation au cours du prolongement d'une route de pionniers (permanente) se rendant au lac Wollaston, Saskatchewan.

Année	Route de pionniers		Nombre total de milles	Route d'hiver	
	Milles			Distance parcourue sur la glace	Nombre approximatif de tonnes transportées
1970	-	225	173	1200	
1971	33	185	145	2900	
1972	54	140	117	5500	
1973	63	75	50	9200	
TOTAL	150	625	485	18800	

Nota: Tuer et McMillan donnent une description détaillée de la préparation de la route d'hiver se rendant au lac Wollaston (1974).
Multiplier le nombre de milles par 0,6, pour obtenir le nombre de kilomètres.
Multiplier le nombre de tonnes par 0,9 pour obtenir le nombre de tonnes métriques.

Chaque hiver, hommes et matériel entamaient les travaux préliminaires dès que les conditions de gel le permettaient, soit habituellement vers la mi-décembre. L'observation de la glace et l'évaluation des lieux étaient réalisées par hélicoptère. Etant doné le caractère serré du calendrier et la nécessité de rendre possible le transport au moyen de camions à 5 essieux, on faisait passer la route sur la glace du lac, partout où c'était possible. Normalement, un transporteur de personnel bombardier qui était utilisé par le groupe de tête chargé de la sélection du tracé,balisait l'emprise et vérifiait la glace. Les charrues à neige montées sur des camions G.V.W. à 2 essieux, pesant 19 000 livres (7 100 kilogrammes) étaient les premiers chasse-neige à s'engager sur la glace; ils pouvaient être utilisés en toute sécurité sur 10 à 12 pouces (25 à 30 centimètres) de bonne glace. De petits tracteurs à chenilles P-4 étaient transportés le plus tôt possible vers les troncons de routes situés sur la terre ferme pour assurer la préparation de cette portion du chemin. Le défrichement s'étendait en général sur une largeur de 50 pieds (15 mètres). Les tronçons de routes situés sur la terre ferme, les plus difficiles à préparer, entraînaient parfois des retards, lorsqu'il fallait attendre que les fondrières soient "gelées" pour pouvoir supporter l'équipement lourd. Un transporteur universel à pneumatiques était utilisé pour tasser et nettoyer les fondrières,

Route du lac Wollaston illustrant la large emprise de route que l'on entretient sur la glace. (J.D. McMillan)

de manière à accélérer le processus de gel nécessaire. Cet équipement servait aussi dans le cas de glace formée de neige à demi fondue ainsi que sur des tronçons de routes où l'épaisseur de la glace était de moins de 10 pouces (25 centimètres). Une poutre en forme de I de 10 pouces (25 centimètres) fut utilisée pour aider à accroître l'épaisseur de la glace. Aussitôt que cette épaisseur eut atteint environ 20 pouces (50 centimètres), des chasse-neige plus gros et des niveleuses automotrices dégagèrent une largeur de 100 pieds (30 mètres). Des bulldozers plus puissants traînant des rabots tractés à poutres en I furent aussi utilisés pour améliorer les portions de route situées sur la terre ferme. Il fallut aussi dynamiter le roc à certains endroits, pour niveler la surface.

L'objectif principal était de faire progresser l'avant-garde le plus vite possible, de façon à permettre l'enlèvement de la neige et une formation plus rapide de la glace.

Au cours de la préparation de la route sur la glace et du travail initial de transport, la glace fut soumise à une vérification constante, vérification particulièrement intense alors que l'épaisseur de la glace se situait entre 10 et 28 pouces (25 à 72 centimètres). Les trous de contrôle furent perçés par des tarières fonctionnant sur piles de 12 volts. La mèche de 5 pouces (12,7 centimètres) de diamètre en forme de tasse, pouvait pénétrer 24 pouces (61 centimètres) de glace en moins d'une minute. Ces tarières fonctionnaient convenablement à même les systèmes électriques des motoneiges, des hélicoptères, des camions, etc.

Les résultats des essais et leurs dates d'exécution étaient affichés sur un petit tableau noir mesurant 12 pouces sur 12 (30 centimètres sur 30) pour renseigner les conducteurs d'équipement et de camions. Cette façon de procéder mit les conducteurs en confiance et les invita à éviter de dépasser les limites de charges permises, également affichées au tableau.

La disponibilité de l'équipement était très importante, compte tenu du calendrier serré. Des précautions furent prises pour combattre les températures de -50°F (-45°C) et moindres. On utilisa, entre autres moyens, des lubrifiants arctiques, qui s'avérèrent très satisfaisants.

Cette route d'hiver exigea peu d'entretien. Une petite équipe était postée sur les lieux pour patrouiller la route, enlever le minimum de neige nécessaire et nettoyer les tronçons de route situés sur la terre ferme. Les coûts de construction et d'entretien s'élevèrent à $1 000 le mille ($625 le kilomètre), pour les portions de route terrestre et à $420 le mille ($260 le kilomètre), pour les tronçons de route situés sur la glace.

On a évalué la circulation sur la route du lac Wollaston à 90% de camions-remorques et à 10% d'automobiles et de camions. Les vitesses sont limitées à 25 milles (40 kilomètres) à l'heure sur la glace, et à 30 milles (48 kilomètres) à l'heure, sur la terre ferme. On évita, lors de la construction de la route, les pentes de plus de 8%; il fut cependant nécessaire d'étendre du sable sur les pentes dont l'inclinaison allait de 5 à 8%.

Depuis l'achèvement de la route permanente du lac Wollaston, seulement 130 milles (210 kilomètres) de routes d'hiver ont été construites à partir de celle-ci. Sur cette distance, 27 milles (43 kilomètres) desservent la collectivité du lac Wollaston, à une extrémité du lac, et 3 milles (5 kilomètres) traversent une baie du lac Reindeer pour rejoindre la collectivité de Southend. Par les milles de routes qui restent on peut atteindre au cours de l'hiver, le lac Key.

Route d'Uranium City

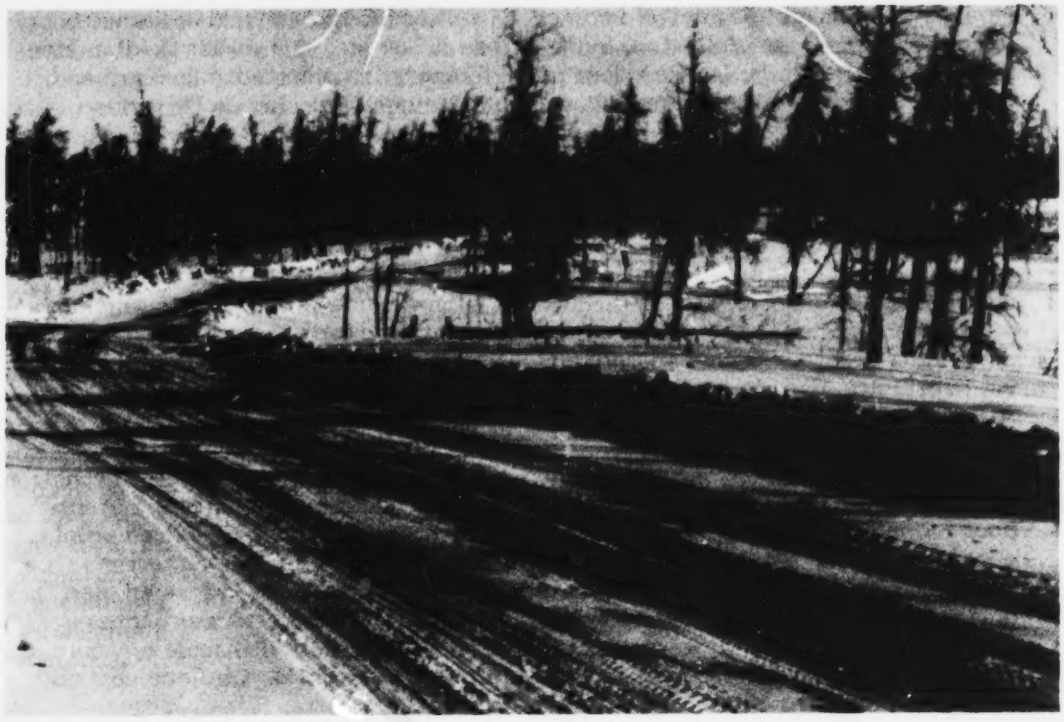
La route d'hiver d'Uranium City est encore reconstruite chaque année, bien qu'il fut prévu à l'origine d'en améliorer la qualité pour en faire une route permanente. Elle se dirige vers le nord, sur 288 milles (464 kilomètres), principalement sur la terre ferme, pour aller du lac Turnor à l'emplacement de la mine Eldorado située à Uranium City. Une route d'hiver sur la glace est nécessaire, dans la partie située le plus au nord, pour traverser le lac Athabasca (voir la carte de la page 126).

La route d'hiver se rendant à Uranium City a été planifiée en fonction de la possibilité d'en accroître ultérieurement la qualité. Son tracé fut établi pour lui permettre de suivre les hautes terres situées près des lieux d'emprunts, contrairement à la plupart des routes d'hiver, qui suivent les basses terres où se trouvent des marécages et des lacs. On tint compte des tracés en plan horizontal et vertical pour le choix de la route, étant donné que des pentes aussi importantes que 10% sont acceptables pour une route utilisable en toute saison, pourvu que l'on dispose d'un tracé droit et horizontal. La ligne centrale apparaissait sur les photographies aériennes.

La première année, on réalisa, sur le terrain, le défrichage, après l'arrivée du gel de façon que les arbres puissent casser au niveau du sol. Le bois vendable situé à une distance de transport économiquement rentable fut récupéré et les déchets d'abattage repoussés à au moins 15 pieds (5 mètres) du bois sur pied. Même si l'on savait que l'érosion serait moindre si l'on entretenait la couche de surface, on fit, là où c'était nécessaire, du creusage et du remplissage. On installa aussi des ponceaux le long de la route. Les endroits de la traversée des rivières furent choisis selon leur capacité à permettre un écoulement rapide des eaux, à servir de passage facile à gué, et à devenir des endroits de traversée permanente.

Chaque année, la construction de la route commence au cours de la période de gel, une fois que les fondrières sont nettoyées et tassées pour accélérer le processus de gel. Quand le gel est survenu, la surface est hersée avec des herses faites de métal ou de pneus de grand diamètre. La largeur de l'emprise de route varie, mais elle est en général de 40 à 50 pieds (12 à 15 mètres).

La route sur glace traversant le lac Athabasca est construite de la même manière que celle de la route du lac Wollaston. Aussitôt qu'il s'est formé 20 pouces (50 centimètres) de glace, sur le lac, des niveleuses automotrices s'engagent sur la surface pour en déblayer la neige sur une emprise de 100 pieds (30 mètres) de largeur. Si la glace est lente à se former, on



Route se rendant à Uranium City. Ce tronçon de la route permanente repose sur des silts sablonneux. (Department of Northern Saskatchewan)

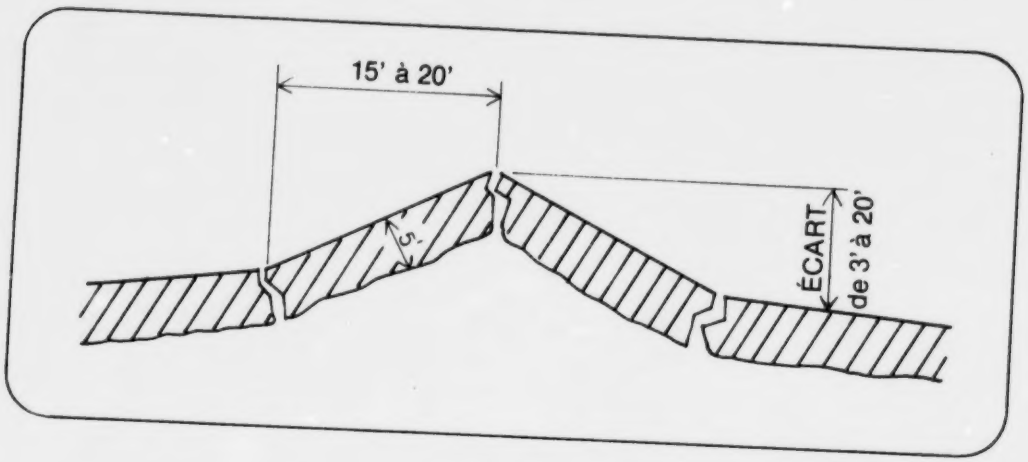
utilise, pour déblayer la neige des véhicules plus légers. Quel que soit le véhicule employé, l'enlèvement de la neige doit se faire par portions peu étendues déblayables en une journée, de façon à ne pas laisser de remparts de neige sur l'emprise de route de 100 pieds (30 mètres) de largeur. De telles charges statiques peuvent occasionner la formation de crevasses; en fait, on peut souvent observer des crevasses longitudinales près des bords une fois l'emprise de route terminée. Voilà la raison d'une emprise aussi large. Cette mesure aide également à prévenir le balayage de la neige, bien qu'en cas de fortes rafales, il ait fallu modifier le tracé en plan et amorcer le choix d'une nouvelle route.

La circulation qui emprunte cette route se concentre entre le 1er et le 28 mars, bien que la route demeure habituellement ouverte jusqu'à une date se situant entre le 15 mars et le 1er avril. On commence par faire passer les véhicules légers; puis, après 7 à 10 jours, les véhicules lourds. On n'entretient la route que pendant la période d'utilisation intensive. On s'est rendu compte que moins longtemps la route est ouverte moins nombreux sont les problèmes. Il arrive souvent, cependant, que des pressions locales, politiques et sociales fassent ouvrir la route plus tôt et la maintiennent ouverte plus longtemps.

Le balisage du tracé passant par les lacs, à l'aide de réflecteurs placés à des intervalles de 1 500 pieds (460 mètres) fait partie de l'exploitation de la route de même que la vérification régulière de l'épaisseur de la glace à des intervalles de 5 milles (8,5 kilomètres), sur le lac Athabasca et d'un mille (1,6 kilomètre), sur les petits lacs. L'épaisseur de la glace et les dates des contrôles sont affichées aux emplacements d'essais, pour accroître la confiance des utilisateurs.

Bien que l'entretien porte principalement sur l'enlèvement de la neige, il comporte également du hersage et de l'arrosage. On peut évaluer les besoins d'entretien par un contact avec les camionneurs ou par l'utilisation d'un camion pilote. Il faut parfois détourner la circulation quand des rafales balaient la neige sur la piste. Les dépressions d'érosion formées à l'entrée des ponceaux sont comblées peu après l'arrivée du gel, au début de l'utilisation de la route.

On a pris note du détail des coûts relatifs à la route d'hiver permanente menant à Uranium City. Le coût total moyen pour mettre la route en service annuellement est de $1 000 le mille ($620 le kilomètre). Il se répartit presque également entre la construction et l'entretien. L'emprise de traversée sur la glace du lac Athabasca, coûte $1 500 le mille ($935 le kilomètre); les $500 additionnels par rapport au coût de la portion de la route située sur la terre ferme couvrent les frais d'un personnel plus nombreux, de la réalisation d'essais, de l'entretien et du transport de l'équipement vers l'extrémité nord de la route, à partir de son extrémité sud, où il est laissé chaque printemps. Dans le cas de cette route en particulier, il n'existe aucun avantage à commencer la construction à l'extrémité nord en direction du sud, étant donné que l'emprise de traversée du lac Athabasca est normalement la dernière portion à être achevée.



Croquis d'une butte de pression.

Pont en bois passant au-dessus d'une butte de pression, sur la route du lac Wollaston. (Department of Norhtern Saskatchewan)

La circulation sur cette route n'est pas abondante. En 1976, 400 véhicules l'on parcourue, alors que pour 1977, on en prévoit 600. Cette circulation est constituée en général d'automobiles, pour un tiers, et de camions, pour les deux tiers. Les automobiles circulent en moyenne à une vitesse de 30 à 35 milles à l'heure (50 à 60 kilomètres à l'heure) et les camions, à 25 milles à l'heure (40 kilomètres à l'heure).

On conseille aux conducteurs de ralentir sur la route passant sur la glace, lorsqu'ils croisent d'autres véhicules ou qu'ils approchent du rivage, en raison de la vague engendrée à ce moment-là, sous la glace. D'autres dégâts sont attribuables à des températures extrêmement froides ou à des baisses importantes de température occasionnant la formation de crevasses dangereuses. Les crevasses se remplissent souvent d'eau et elles gèlent; alors, lorsque la température s'élève, la glace prend de l'expansion et se soulève pour former des buttes de pression. Ces buttes de pression constituent un risque, chaque année, tant sur le lac Athabasca que sur le lac Wollaston. Il est nécessaire de prévoir des installations de passages particuliers pour permettre aux routes de les traverser en toute sécutité.

On ne doit pas utiliser d'équipement lourd près d'une butte de pression. Étant donné que ces dernières peuvent s'élever à plusieurs pieds au-dessus de la surface de la glace, il faut retirer des quantités importantes de glace pour mettre en place une installation permettant de les franchir. Une telle installation doit être perpendiculaire à la butte de pression. Des pièces de bois disposées longitudinalement en travers de la crevasse pourront servir au départ au passage des véhicules. On utilise souvent un solide tablier en bois pour permettre de franchir les crevasses dues aux buttes de pression. On a essayé de la tôle ondulée à cette fin; elle n'est cependant pas recommandée à cause de sa trop grande malléabilité.

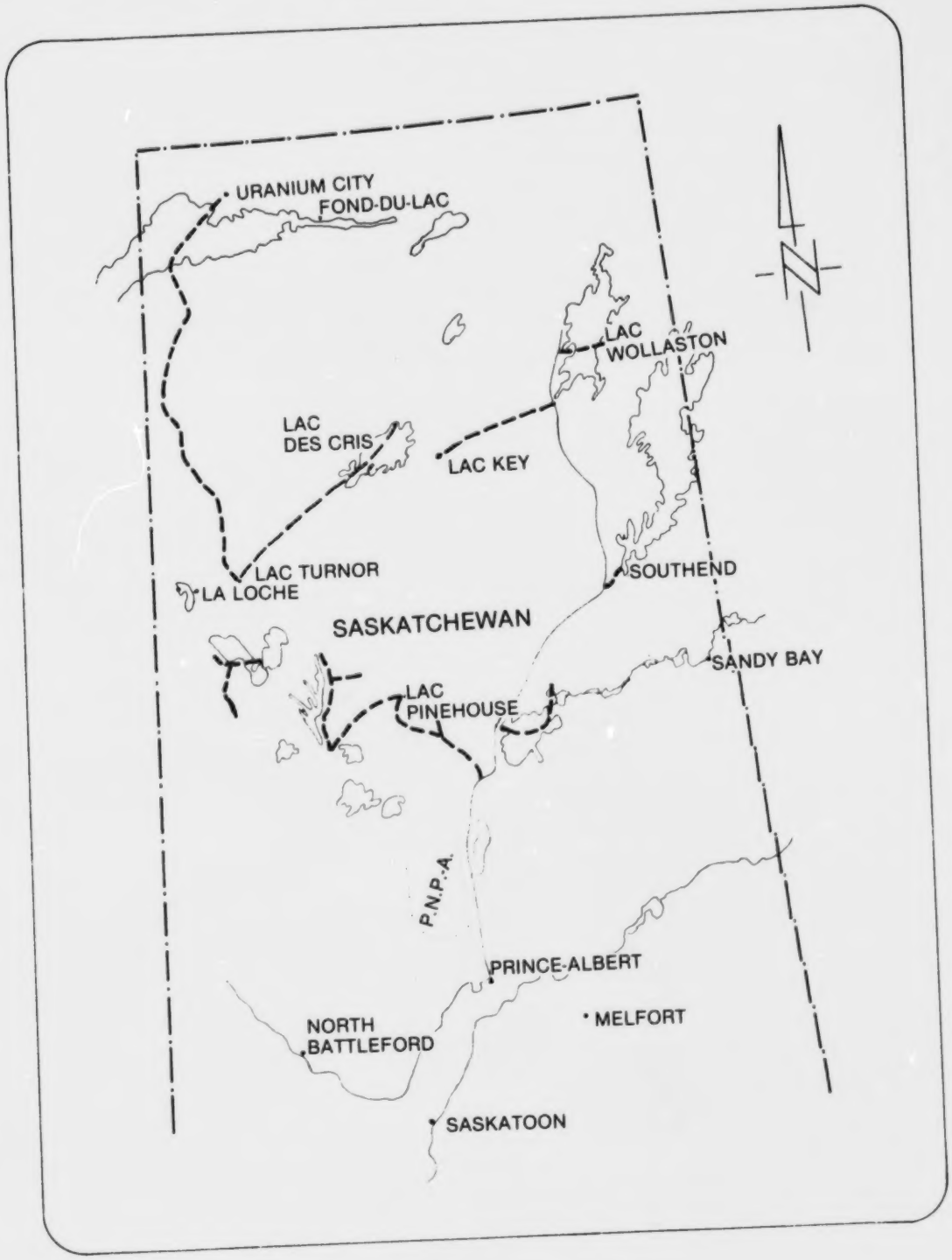
Autres routes d'hiver de la Saskatchewan

En plus de la route se rendant à Uranium City, le Department of Northern Saskatchewan construit chaque année plusieurs autres routes d'hiver de moindre longueur. Celle qui est située le plus au sud est une route terrestre qui se dirige vers l'est à partir de Cumberland House pour se rendre près de la frontière du Manitoba et remonter ensuite vers le nord jusqu'à Sturgeon Landing. Une autre route, qui emprunte surtout la glace de lacs, va de La Ronge à Stanley Mission. Dans la partie centre-ouest de la Saskatchewan, on construit chaque année trois routes d'hiver principales. Un petit réseau joint Beauval, le lac Pinehouse et la route 2, un autre joint Ile à la Crosse, Patuanak et le lac Knee, et un autre, enfin Buffalo Narrows, Dillon et Michel. Dillon est aussi relié par une route d'hiver à Canoe Narrows, et le lac Cree peut être atteint en passant par la route d'hiver du lac Turnor.

Environ 60% de ces routes d'hiver sont constituées de pistes permanentes situées sur la terre ferme, alors que 40% de leur longueur passe sur la glace. Les rivières servent comme suface glacée; on évite cependant d'utiliser à cette fin les entrées des lacs ou leurs dégorgeoirs.

Les méthodes de construction, l'entretien et les coûts relatifs à ces routes sont analogues à ceux que nous avons déjà examinés.

Saskatchewan



Routes d'hiver de la Saskatchewan

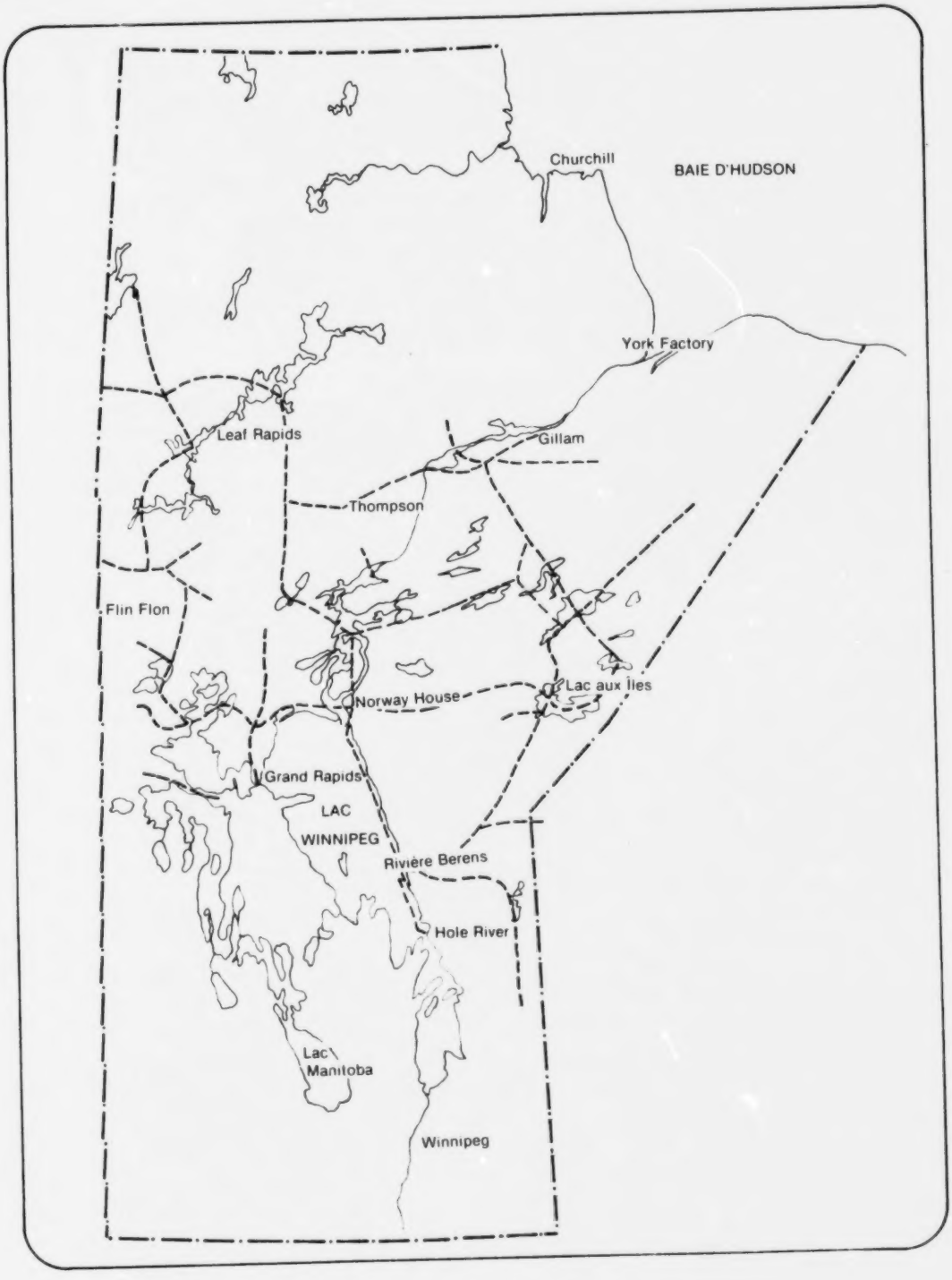
Saskatchewan

Un autre travail intéressant à cet égard, qui a été réalisé en Saskatchewan, est la recherche menée par le Saskatchewan Research Council (Eyre et Hesterman, 1976) sur une installation de traversée permettant de franchir des eaux profondes. Les chercheurs installèrent des instruments de mesure à un passage publique sur la glace, du lac Diefenbaker; ils enregistrèrent les conditions météorologiques, les caractéristiques de la glace, les effets sur les rives, tenant compte aussi des aspects exploitation et sécurité; ils ont aussi mené des essais portant sur des charges statiques et dynamiques et ils ont comparé les résultats de leurs recherches à la théorie. Plusieurs des résultats obtenus ne peuvent s'appliquer à d'autres passages, en particulier en eau peu profonde. Cependant, certaines des données générales valent la peine d'être notées pour les passages franchissant les eaux profondes.

Ainsi, ils ont trouvé que les vents peuvent facilement provoquer, au cours des premières étapes de la formation de la glace des fractures, des crevasses, et des crêtes rendant effectivement la glace temporairement insécuritaire pour les véhicules. Ils ont aussi découvert que, à la vitesse critique, le véhicule n'avait pas tendance à engendrer des vagues d'une ampleur dangereuse, comme l'avait prétendu certaines théories, bien que, près du rivage, un reflux dangereux des vagues puisse se produire, effet qui n'a cependant pas été étudié. On a trouvé que les vagues de la glace et de l'eau engendrées par un véhicule en mouvement avaient la même vitesse que le véhicule (pour toutes les vitesses et toutes les masses de véhicules). Les chercheurs ont en plus noté que le taux de fractures de la glace variait avec la vitesse du véhicule mais que ce taux devenait maximal à 84% de la vitesse critique (définie comme la vitesse de fracture de pointe). En d'autres mots, la déflexion maximale causée par la glace, qui se produit à la vitesse critique, n'est pas suffisamment importante pour entraîner une situation dangereuse pour les véhicules voyageant sur la glace; le plus grand danger est susceptible de survenir à 84% de la vitesse critique, alors que les dommages causés à la glace sont au maximum.

Les études menées sur deux véhicules qui se rencontrent n'ont pas indiqué que les vagues ainsi engendrées avaient tendance à agir assez fortement l'une sur l'autre pour être dangereuses. Ce phénomène n'a cependant pas été étudié dans le cas des eaux peu profondes.

Manitoba



Réseau des routes d'hiver du Manitoba en 1969.

MANITOBA

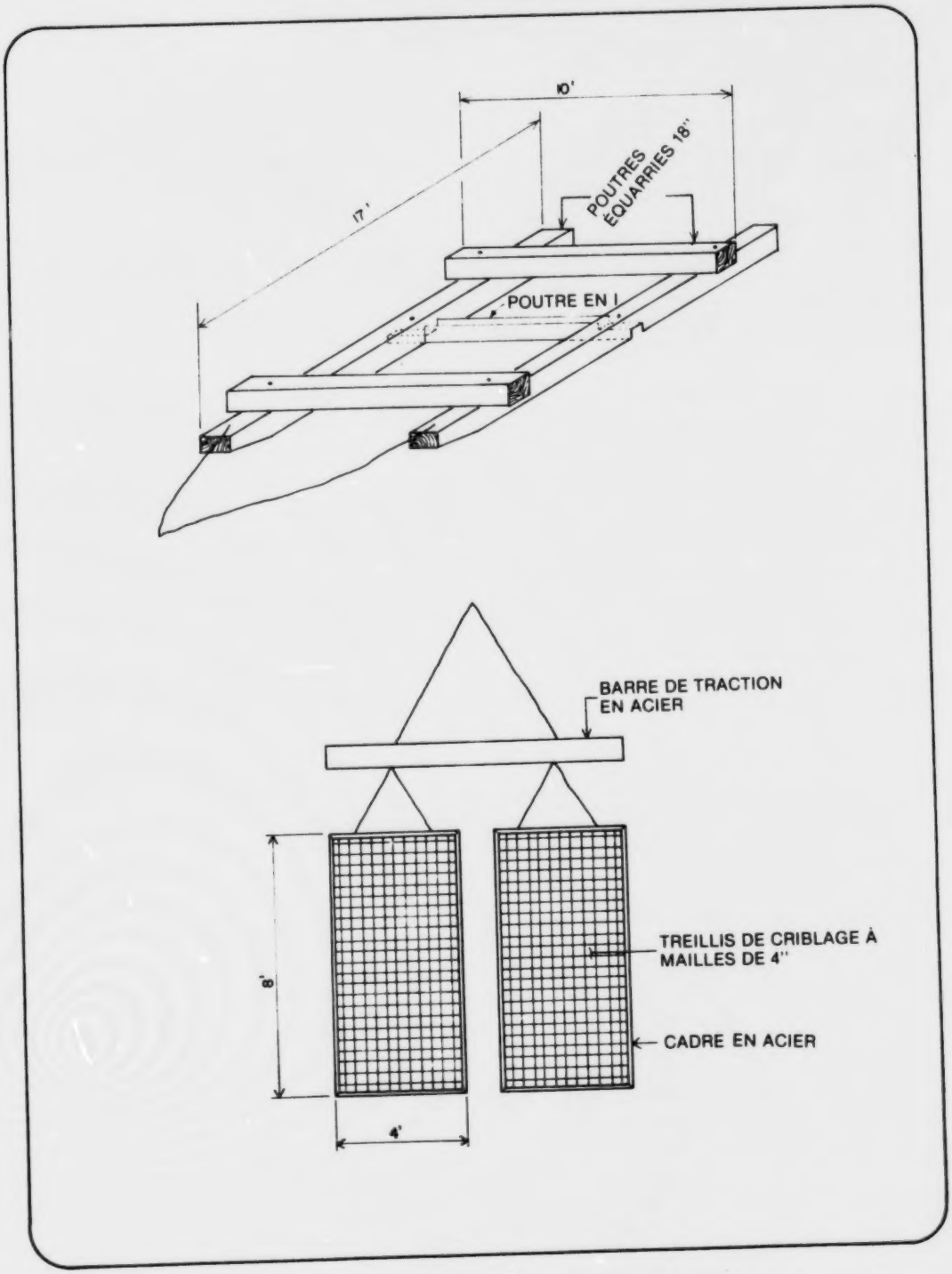
En 1969, le réseau des routes d'hiver du Manitoba s'étendait à plus de 2 500 milles (4 000 kilomètres). Un grand nombre de ces routes étaient à peine plus que des pistes grossières utilisées par des trains de traîneaux remorqués par des tracteurs. Le passage sur la glace des lacs y était aussi courant.

Depuis lors, le nombre total de milles de routes d'hiver de la province a diminué considérablement. Certaines ont été remplacées par des routes permanentes adaptées à tous les temps, certaines ont été déplacées par suite de l'utilisation de l'avion, et d'autres, enfin, ont été abandonnées. Les trains de traîneaux remorqués par des tracteurs ne sont plus utilisés; on donne la préférence maintenant sur les routes d'hiver, à des camions. Le réseau actuel de routes a plus de 1 000 milles (1 600 kilomètres) de longueur, dont la plupart sont situées sur la terre ferme.

La majorité des routes d'hiver du Manitoba relèvent de la compétence du ministère des Affaires du Nord. C'est la pratique normale du Ministère de choisir des tracés de routes d'hiver qu'il sera possible de transformer plus tard en routes d'accès permanentes. Ces tracés, qui pourront être grossiers la première année, sont affinés les années suivantes pour en arriver à un tracé de routes permanentes. Cette pratique pourra entraîner du creusage, du remplissage de même que l'enlèvement de rocs, ce qui accroît le coût de la construction des routes d'hiver mais abaisse celui de la construction des routes permanentes ultérieures. Les routes sont défrichées sur une largeur de 60 pieds (18 mètres) pour une chaussée de 40 pieds (12 mètres) de large.

Sur la route qui va de la rivière Hole au lac Island, deux semaines de gel dur, avant le début des chutes de neige, établit habituellement de bonnes conditions de départ. Le début de la construction des routes d'hiver est déterminé par les inspecteurs du ministère, qui parcourent la route en motoneige, en mesurant la pénétration du gel. Si la profondeur du gel est insuffisante, il est possible d'obtenir une plus grande pénétration en tassant la neige au moyen de véhicules à chenilles douces. L'eau des secteurs marécageux est amenée à la surface par le passage de ces machines, ce qui a pour effet de saturer la tourbe et les herbes qui s'y trouvent et de les faire geler par la suite en une surface unie et plane. Une fois le tassage de la route effectué, on la nivelle et la herse pour la préparer au passage de la circulation.

L'entretien est réalisé par des niveleuses automotrices qui repoussent la plupart de la neige nouvellement tombée hors de la route, mais qui en laissent une partie en place, sur la route, pour être tassée au moyen d'un véhicule à faible pression au sol de marque Nodwell et d'une herse. Deux types de rabots tractés sont utilisés: l'un est un rabot tracté conventionnel formé d'une poutre en I montée dans une armature en billes de bois alors que l'autre est un rabot tracté en grillage formé de deux morceaux de toile de criblage mesurant 4 pieds x 8 pieds (1,2 mètre x 2.4 mètres) attachés à une barre de tirage. La neige tassée s'accumule habituellement jusqu'à ce qu'elle ait atteint une épaisseur de 12 pouces (0,3 mètre), par suite d'un entretien continu.



Herses couramment utilisées pour assurer l'entretien des routes d'hiver, au Manitoba.

La construction de la route reliant Hole River à Island Lake commence habituellement aux environs du 15 novembre, et la route est ouverte à la circulation aux environs du 15 janvier. Le temps nécessaire pour aller de Hole River à Island Lake soit une distance de 270 milles, est de 13 à 14 heures.

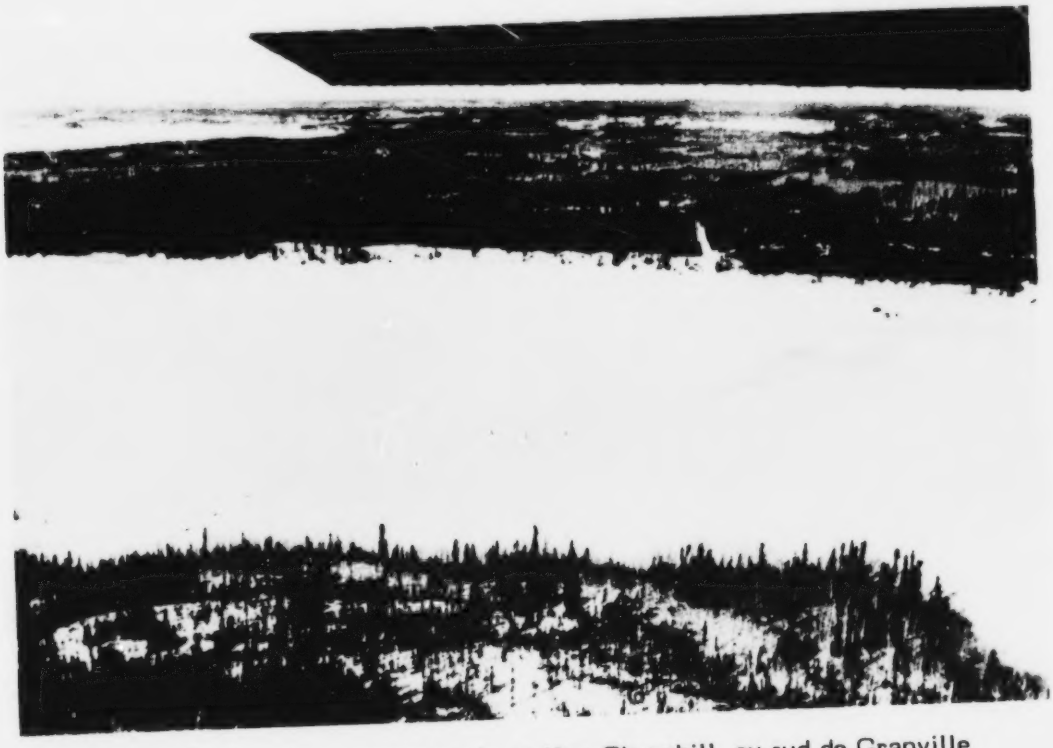
Les installations permettant le passage des rivières et des cours d'eau peuvent être construites au moyen de diverses méthodes. On a recours aux ponceaux et aux remplissages dans le cas des petits cours d'eau qui coulent tout l'hiver. Un assemblage de rondins réunis par des câbles ancrés aux deux rives, pour être retirés au printemps, est gelé en place par arrosage, pour former des ponts à l'endroit des cours d'eau plus larges. Les rivières assez larges sont franchies au moyen de ponts de glace, installés de préférence dans des rapides, au moyen de billes de bois placées longitudinalement sur la surface glacée et gelées en place par arrosage. La glace peut être formée au rythme de 1 pouce (2,5 centimètres) par jour, sur les ponts. Pour construire les approches des installations permettant le passage des rivières et des cours d'eau, on se sert de neige, de glace ou de matériaux de remplissage.

Les routes empruntant la glace des lacs sont déblayées sur une largeur de 200 pieds (60 mètres). Au cours de la construction, 11 pouces (35 centimètres) de glace supporteront un poids de 10 000 livres (4 520 kilogrammes). Plus tard, lorsque les routes sont ouvertes à la circulation, les 25 pouces (65 centimètres) de glace supporteront un poids de 80 000 livres (36 000 kilogrammes). Les crevasses qui se forment habituellement à la même place, chaque année, dans la glace des lacs sont franchies au moyen de ponts de glace. La vitesse maximale sur les lacs, pour les camions chargés, est de 8 à 12 milles à l'heure (13 à 19 kilomètres à l'heure) et les camions doivent circuler à au moins 1 000 verges (1 000 mètres) les uns des autres.

Route de Hole River, une route d'hiver importante du Manitoba reliant Winnipeg aux collectivités du Nord. (K.M. Adam)

Sur la terre ferme, on établit une couche de neige tassée de 12 pouces (30 centimètres) d'épaisseur sur la route, à même les chutes de neige normales d'une année. La première année de construction, les véhicules peuvent habituellement circuler à 10 milles (16 kilomètres) à l'heure et, les années subséquentes, à des vitesses pouvant aller jusqu'à 35 milles (56 kilomètres) à l'heure. Les coûts d'une route, pour la première année de construction, sont d'environ $2 400 le mille ($1 500 le kilomètre) en incluant le défrichage. Les années suivantes, les coûts de construction vont de $600 à $1 400 le mille ($370 à $870 le kilomètre), selon l'importance des travaux de nivellement et de rectification du tracé effectués. Les coûts d'entretien sont de $50 le mille ($30 le kilomètre) par semaine.

La route reliant Hole River à Island Lake est normalement fermée à la circulation aux environs du 15 mars à cause des cours d'eau et des rivières aux cours rapides qui inondent habituellement les installations de traversée. Les routes situées plus au nord ont cependant une saison d'utilisation plus longue et sont souvent fermées par suite de la fonte de la surface des tronçons passant par les pentes des collines et les berges des rivières orientées vers le sud.



Pont de glace traversant la rivière Churchill, au sud de Granville Lake. (Manitoba Hydro)

Pont sur la glace permettant la traversée de la rivière Nelson, à Bladder Rapids, illustrant le chemin en rondins, juste avant la débâcle. (Manitoba Hydro)

ONTARIO

Les routes d'hiver d'Ontario, qui sont utilisées principalement par l'industrie des pâtes et papier, sont réparties dans l'ensemble des régions d'exploitation commerciale du bois. Actuellement, leur utilisation pour permettre l'accès aux collectivités isolées du Nord n'est cependant que très limitée. Un grand nombre de routes d'hiver ont d'ailleurs été remplacées par des routes toute-saison ou par un service aérien.

Les routes d'hiver suivantes, utilisées par quelques sociétés de l'industrie des pâtes et papier de l'Ontario, sont typiques des routes d'hiver d'usage courant dans cette province.

Routes d'hiver utilisées par Reed Ltd.

Les opérations forestières de Reed Ltd. sont réparties de Kenora au lac Nipigon et, vers le nord, à Red Lake. La compagnie construit chaque année environ 30 milles (48 kilomètres) de routes d'hiver destinées à servir de tributaires pour joindre leurs zones de coupe de bois aux routes toute-saison.

On choisit d'abord des routes provisoires à partir de photographies aériennes. Ces routes sont ensuite marquées par des équipes au sol formées de deux hommes, qui y apportent, au fur et à mesure de leur progression, les modifications nécessaires. Lorsqu'on le peut, on situe les routes d'hiver le long de dépressions marécageuses, de marais peu profonds et de fondrières longeant les aires de bois sur pied ayant une valeur commerciale. Cette façon de procéder est jugée plus expéditive et par là même plus économique qu'une autre où les emprises de routes d'hiver sont incorporées simultanément aux opérations normales de coupe.

Un compactage préalable des aires marécageuses est cependant souvent nécessaire pour favoriser la pénétration du gel, ce qui se fait en utilisant un véhicule à chenilles léger tel que le Bombardier J-5, pour tasser la neige et écraser le couvert végétal. Dans les conditions moyennes de gel automnal, il est généralement possible à un tracteur à crampons D-7 d'avoir accès à tous les secteurs vers le 15 décembre. A ce stade, la pénétration du gel dans les secteurs étendus est d'environ un pied (un tiers de mètre).

On utilise un tracteur D-7 pour construire une emprise de 24 pieds (8 mètres) de largeur en coupant les arbres et les arbustes au niveau du sol et en grattant la neige et les débris pour les rejeter sur les côtés. Dans les secteurs marécageux, où un compactage préalable s'impose, on laisse intacts la neige et le couvert de broussailles écrasées. Des herses de fortune, faites de poutres de grand diamètre unies par des câbles pour former une sorte de radeau, ou des pneus lestés, également de grand diamètre, sont utilisés pour niveler la surface affectée à la circulation. Les trous laissés par l'enlèvement des racines et toute autre dépression sont remplis de neige par le hersage qui se poursuit tout au long de l'utilisation de la route. Une grande variété de camions emprunte ces routes: des camions à ponts montés en tandems, des camions à ponts montés en tandems tirant des remorques additionnelles, et des véhicules à

5 essieux transportant des charges d'un poids brut de 50 tonnes (45 tonnes métriques). On peut y maintenir une vitesse de 10 à 15 milles à l'heure (16 à 25 kilomètres à l'heure). Les routes d'hiver répondant à ces normes, peuvent être construites, en incluant le compactage préalable ou le hersage, au rythme d'un mille (1,6 kilomètre) par jour par D-7. Cependant, passé le 15 mars, elles ne sont plus utilisables, les portions de routes situées sur la terre ferme étant les premières à devenir impraticables.

Les cours d'eau peu profonds peuvent être franchis en remplissant le chenal de neige. Lorsque celui-ci dépasse 2 pieds (un demi-mètre) de profondeur, on dépose des billes de bois dans le lit du cours d'eau, et on les recouvre ensuite de neige et de glace. Ces billes de bois sont mises en ballots au moyen de fil de fer, pour en faciliter l'enlèvement au cours de la débâcle printanière. On ne construit cependant pas de pont de glace sur les cours d'eau et rivières importants.

Pour la construction de débarcadères utilisés comme entrepots du bois de pulpe, une accumulation de glace naturelle d'environ 10 à 12 pouces (25 à 30 centimètres) est pré-requise avant d'entreprendre l'arrosage. A l'aide de pompes de 4 ou 6 pouces (10 ou 15 centimètres), l'arrosage se fait par étape, par la formation successive d'environ 1 à 2 pouces (2,5 à 5 centimètres) de glace par arrosage, jusqu'à l'obtention d'une épaisseur totale de 3 pieds (1 mètre). Ces embarcadères doivent être protégés de la neige pendant et après l'arrosage. Sur ceux-ci, le bois de corde étant pilé sur une hauteur de 6 à 8 pieds (2 mètres) une pression statique d'environ 10 à 15 livres par pouce carré (70 à 105 kilopascals) s'y exerce.

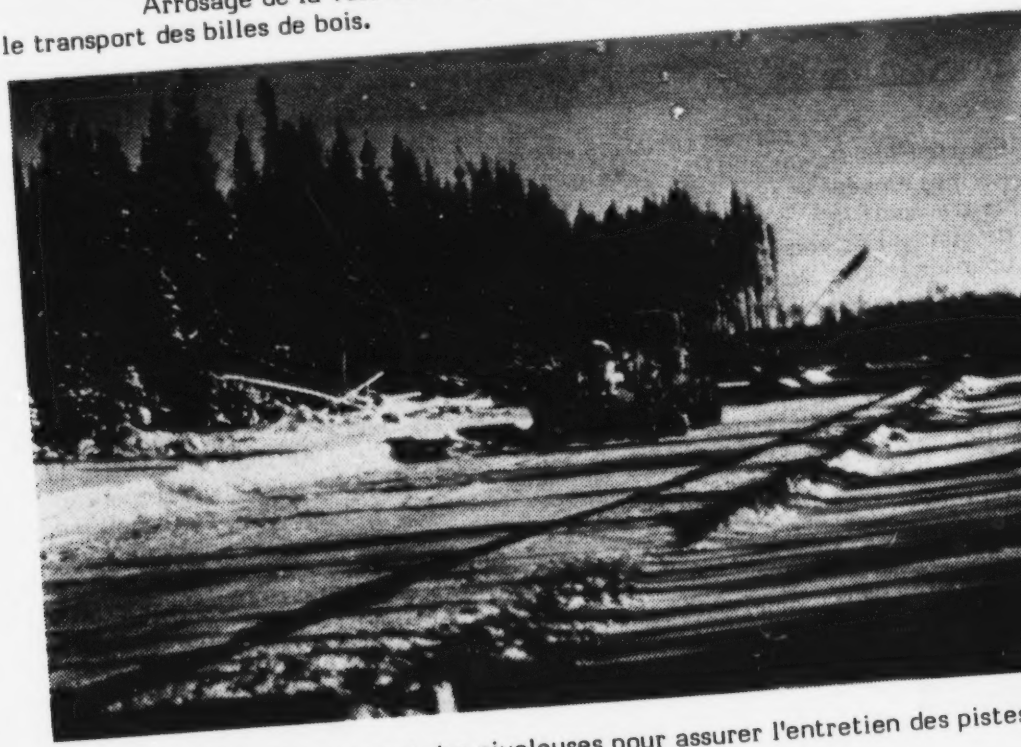
Routes d'hiver destinées à Spruce Falls Power and Paper

Deux normes relatives aux routes d'hiver sont utilisées par la Spruce Falls Power and Paper, soit une route à deux voies répondant à des normes élevées et une route d'accès secondaire d'une seule voie. Les voies de transport des routes à deux voies sont recouvertes de 4 pouces (10 centimètres) de glace. Les voies de retour et les routes à une voie sont hersées en surface pour les rendre lisses, et les trous et les dépressions qu'on y trouve sont remplis de neige foulée ou de matériaux granulaires. On construit chaque année quelque 500 milles (800 kilomètres) de routes à deux voies et quelque 100 milles (160 kilomètres) de routes à une voie.

Les opérations forestières de la compagnie s'étendent à 63 000 milles carrés (163 000 kilomètres carrés). Val Côté et Missanabie marquent leur limite ouest, Fauquier et la rivière Groundhog, la limite est, Peterbell, la limite sud, et Smokey Falls, la limite nord. Environ 75 pour cent de la superficie totale est constituée de marécage et 25 pour cent d'argiles à varves recouvertes d'une mince couche organique. On trouve très peu de matériaux granulaires dans cette région.

Les tracés des routes d'hiver sont déterminés dans une large mesure par les pratiques de coupe établies de la compagnie. Lorsque c'est possible, ces routes sont situées de façon à croiser les lopins de bois vendables, permettant de faire coincider le défrichage de l'emprise avec les pratiques normales de coupe. Le type du terrain constitue une préoccupation secondaire relativement à la situation des routes d'hiver.

Arrosage de la voie de halage d'une route de glace utilisée pour le transport des billes de bois.



On utilise souvent des niveleuses pour assurer l'entretien des pistes et des routes de glace.

A partir de routes provisoires établies d'après des photographies aériennes les équipes d'arpenteur piquettent sur le terrain le tracé de la route. On obtient un profil des routes de transport et on procède au sondage des marécages. C'est à ce stade que l'on apporte au besoin des petits changements au tracé de la route. On garde les déclivités à moins de 5% et les courbes, à moins de 3 degrés.

Le bois est récolté le long du tracé sur une largeur de 500 pieds (150 mètres). On défriche alors une emprise de 50 pieds (15 mètres) de largeur au moyen d'un tracteur de taille D-7 équipé d'une cisaille. Les années suivantes, cette emprise de 50 pieds (15 mètres) fait l'objet, au début de l'hiver, d'un compactage préalable, pour aider à la pénétration du gel. A mesure, que ce dernier progresse, un véhicule Bombardier tire une herse à poutre en I pour aplanir la surface de la route. Le hersage et le foulage se poursuivent jusqu'à ce que l'on atteigne le sol nu et que l'on remplisse les anfractuosités et les dépressions avec des mélanges de neige et de terre. L'aplanissement final de la surface destinée à la circulation -- soit 18 pieds (5,5 mètres) de largeur, pour la route à une voie et 36 pieds (11 mètres) de largeur, pour la route à deux voies -- est effectué au moyen d'une niveleuse automotrice.

L'arrosage des voies de transport se fait par étapes. Des camions à pompes montés en tandem équipés de réservoirs d'une capacité de 2 000 gallons (9 000 litres) transportent l'eau et la déversent en se déplaçant, sans avoir recours à des tiges de pulvérisation. Pour enlever toutes les irrégularités, le secteur arrosé est alors nivelé au moyen d'une herse munie d'un rail de métal tirée par un véhicule de débardage à 4 roues motrices. L'opération d'arrosage et de hersage est réalisée sur des sections de 3 milles (5 kilomètres) de longueur par 4 camions à réservoir. Une fois qu'une couche continue d'un pouce (2,54 centimètres) est terminée, on amorce la même opération sur les trois milles (5 kilomètres) suivants. Ce cycle est répété jusqu'à ce que l'on ait atteint une épaisseur de glace de 4 pouces (10 centimètres) sur toute la longueur de la route. En une année moyenne, l'arrosage est achevé et les routes ouvertes au plus tard le 1er janvier.

L'entretien des voies ne possèdant pas un tel revêtement consiste dans le hersage et le nivelage continuels au moyen de niveleuses automotrices. Sur les routes de glace, l'entretien comporte le rapiéçage des crevasses de même qu'une opération destinée à rendre rugueuse la surface de la glace en utilisant des scarificateurs spécialement conçus à cette fin, montés sur des niveleuses. Le rapiéçage se fait avec du sable ou de la neige et de l'eau, selon la disponibilité du sable. La méthode faisant appel à la neige et à l'eau est cependant lente, ce qui exige habituellement une suspension temporaire de la circulation; l'utilisation du mélange neige-eau a cependant l'avantage de ne pas réduire la réflexion de la surface de la route.

Des ponts de glace sont utilisés comme installation de passage, dans le cas des cours d'eau importants, leur construction étant amorcée le plus tôt possible après le gel. Lorsque le couvert de glace naturelle de l'emplacement du pont proposé atteint approximativement deux pouces (5 centimètres), ce qui est suffisant pour supporter le poids d'un homme, deux barrières de neige saturée d'eau sont construites pour masquer les

bords extérieurs du pont. Ces barrières servent à contenir l'eau, au cours de l'opération d'arrosage. L'eau est amenée à la surface au moyen de pompes du type vis sans fin, à travers des trous percés dans la glace, à l'intérieur de ces barrières. Le couvert de neige situé à l'intérieur des barrières n'est pas enlevé mais est habituellement foulé avant d'être arrosé. On accumule la glace par un arrosage répété; on permet cependant à chaque nouvelle couche d'eau appliquée de geler complètement avant d'en ajouter une autre. On considère qu'une épaisseur totale de 50 pouces (130 centimètres) est nécessaire pour porter de façon sécuritaire des charges brutes de 100 tonnes (90 tonnes métriques). Les ponts de glace sont généralement ouverts à la circulation au plus tard le 1er janvier.

La Spruce Falls Power and Paper utilise le guide d'épaisseur de la glace suivant. Les épaisseurs citées ci-dessous s'appliquent à la glace bleu clair que l'on trouve sur les lacs. La force portante est réduite d'environ 15% pour la glace de couleur bleue des rivières et d'environ 50%, pour la glace formée à partir de neige à demi fondue.

Charges admissibles pour la glace de couleur bleue des lacs

Charge admissible	Épaisseur de la glace (pouces)
une personne à pied	2
un groupe se suivant à la file indienne	3
voiture touriste (d'un poids brut de 2 tonnes)	7 1/2
camion léger (d'un poids brut de 2 1/2 tonnes)	8
camion de grosseur moyenne (d'un poids de 3 1/2 tonnes)	10
camion lourd (d'un poids de 7 à 8 tonnes)	12
10 tonnes	15
25 tonnes	20
45 tonnes	25
70 tonnes	30
110 tonnes	36

Nota: Multiplier le nombre de pouces par 2,54, pour obtenir le nombre de centimètres. Multiplier le nombre de tonnes par 0,907, pour obtenir le nombre de tonnes métriques.

L'entretien des ponts de glace suppose la vérification de l'épaisseur de la glace au moins 1 fois la semaine et le rapiéçage par arrosage des crevasses. On entretient généralement une cassure entre le pont et la portion de route servant d'approche, pour permettre au pont de s'élever et de s'abaisser librement, selon les fluctuations du niveau de l'eau. A titre de précaution supplémentaire, on intervertit de façon périodique les voies de halage et de retour pour éviter la possibilité d'une fatigue de la glace. La vitesse maximale permise sur les ponts de glace est de 10 milles à l'heure (16 kilomètres à l'heure). Le coût (1977) de construction d'un pont de 200 pieds (60 mètres) de large est de l'ordre de $5 000 par 500 pieds (150 mètres) de longueur de pont. Au cours de la fonte printanière, tous les ponts de glace sont détruits par dynamitage.

Les approches des ponts sont construites en nivelant les berges du cours d'eau et en repoussant les déblais pour les éloigner du chenal. Les pentes longitudinales de toutes les approches sont conservées en deçà de 6% et, pour assurer une traction suffisante, on y étend amplement de sable.

En cours d'exploitation, le réseau de routes de glace et de ponts de glace est soumis à des charges brutes de 100 tonnes (90 tonnes métriques) transportées par des camions de 4 à 5 essieux. L'intensité de cette circulation atteint souvent 100 chargements par jour. Un tel rythme de transport se poursuit jusqu'à ce qu'une quantité prédéterminée de bois soit atteinte, après quoi les routes cessent d'être utilisées. Quoi qu'il en soit, les routes elles-mêmes deviennent habituellement impraticables aux alentours de la mi-mars.

Routes d'hiver destinées à l'Abitibi Paper Co. Ltd.

Les opérations de récoltes forestières de l'Abitibi s'étendent de Marathon à la frontière du Québec. Quelque 200 milles (320 kilomètres) de routes d'hiver sont construites chaque année pour permettre l'accès aux chantiers en vue de l'extraction du bois.

Lorsque faire se peut, on fait passer les routes d'hiver à travers des aires où se trouve du bois sur pied vendable. Sur les terrains élevés, il est possible de défricher et d'essoucher l'emprise de la route au cours de l'été. Dans les secteurs marécageux, par contre, le compactage de la neige et des broussailles (réalisé au début de l'hiver) est nécessaire pour favoriser la pénétration du gel et assurer l'achèvement hâtif du réseau de routes. Les véhicules à chenilles légers ou les véhicules de débardage à pneumatiques tirant des herses, assurent le compactage et le nivelage préliminaire de la chaussée.

Lorsque la pénétration du gel a atteint environ 6 pouces (15 centimètres), des tracteurs D-7 équipés de chenilles larges et de lames ordinaires, poursuivent les travaux de compactage et de profilage du lit de la route. Rattachés par des câbles d'acier, les tracteurs D-7 travaillent par paires, à environ 100 pieds (30 mètres) l'un de l'autre.

Les machines s'entraident lorsque l'une ou l'autre enfonce la mince croûte gelée. De cette façon, il est possible de passer tous les deux ou trois jours, jusqu'à ce qu'une seule machine puisse parcourir toute la longueur de la route sans s'enliser.

Après que les tracteurs D-7 ont nivelé du revers de la lame et passé le rabot tracté partout, les niveleuses automotrices complètent un nivellement et un aplanissement final de la surface destinée à la circulation. En moyenne, chaque mille de construction (1 km 1/2) requiert les soins d'un tracteur D-7 pendant environ 55 heures.

On emploie en général, pour franchir les petits cours d'eau, des ponts de fortune. Ces ponts, qui ont en général 15 à 20 pieds (5 à 6 mètres) de longueur, sont formés de longerons en bois déposés en travers du cours d'eau, supportés à chacune de leurs extrémités par des étançons en bois. Les approches constituées de remblais de terre sont utilisées conjointement avec ces ponts. Les ponts nécessaires pour franchir les cours d'eau plus petits sont construits en poussant des matériaux du rivage directement dans le chenal du cours d'eau. On considère cependant inutile d'enlever ces barrages formés de remblais de terre, avant la débâcle printanière. La majorité des cours d'eau et des rivières sont cependant franchis au moyen de ponts permanents reposant sur des pilliers.

Dans des conditions moyennes, il est possible d'achever un réseau de routes d'hiver au plus tard à la fin de décembre. En général, on transporte sur ces routes entre 40 et 80 chargements de 50 tonnes (45 tonnes métriques) par jour, à des vitesses de 10 à 15 milles à l'heure (16 à 24 km à l'heure). L'entretien de ces routes consiste dans le nivellement des endroits raboteux, au moyen des niveleuses automotrices, au fur et à mesure de leur formation. La fin de saison, pour les routes d'hiver, survient habituellement avant le 15 mars.

Routes d'hiver destinées à la Kimberley-Clark of Canada Ltd.

Environ 200 milles (320 km) de routes d'hiver sont construites chaque année dans l'ensemble de la région s'étendant de Longlac à Geralton, et, vers le sud, jusqu'à Terrace Bay. La région est constituée à 60% de terrains minéraux et à 30%, de terrains à base de matières organiques, ou de marécages. Les routes d'hiver qui sont utilisées exclusivement pour le transport du bois passent directement à travers les aires de bois de coupe.

L'emprise de routes initiale (qui est de 30 pieds ou 9 mètres de large), est défrichée à la main et le bois vendable qui s'y trouve est récupéré. Sur les sols de type minéral, les souches sont cisaillées au niveau du sol par des tracteurs D-7, et les débris sont repoussés sur les côtés. Au cours de cette opération "d'essouchage", le couvert végétal est habituellement complètem enlevé, ce qui a pour effet de mettre à nu le sol minéral. Dans le cas des terrains faits de matières organiques, l'emprise de route est fouillée au moyen de tracteurs D-7 qui enfouissent les souches dans le manteau organique. Lorsque la pénétration du gel est inférieure à un pied (1/3 de mètre), on a recours à des véhicules de débardage à pneumatiques pour fouler la végétation.

Un ou deux jours après, de lourds rabots tractés en bois équipés de rails en acier et de tamis sont tirés sur la surface de la chaussée. Ce processus permet de raser les petits monticules et de combler les légères dépressions du sol. Le nivellement le plus important se fait au moyen des lames des tracteurs D-7. Le passage des rabots tractés sur la chaussée est d'ailleurs réalisé de façon continue pendant toute la durée de l'utilisation de la route.

Les installations de traversée des lacs consistent en routes sur la glace non renforcées. Celles-ci, qui ont jusqu'à 100 pieds (30 mètres) de large, sont construites par arrosage, qui est entrepris aussitôt que le couvert de glace naturelle peut supporter le poids d'un homme. Il se poursuit ensuite selon diverses étapes par l'addition d'environ 1 pouce (2,54 cm) d'eau à la fois, jusqu'à ce que l'on ait atteint une épaisseur totale de 20 à 30 pouces (50 à 75 cm). Il est cependant nécessaire de laisser chaque couche d'eau appliquée geler complètement avant d'en ajouter une autre. Les routes de glace, qui sont habituellement achevées au plus tard à la fin de décembre, doivent supporter des camions à ponts montés en tandem et des camions à semi-remorques de 45 tonnes (40 tonnes métriques). La vitesse est cependant limitée à 10 milles à l'heure (16 km à l'heure) ou moins. Les seules opérations d'entretien comportent l'enlèvement de la neige et l'arrosage et le rapiécage des crevasses. L'inspection à plein temps n'est cependant pas requise sur les routes passant sur la surface des lacs.

Les ponts permettant de traverser les petits cours d'eau sont construits en entrecroisant en travers du chenal du cours d'eau des billes de bois disposées longitudinalement et transversalement, en couches successives. Le pont est alors recouvert de broussailles et de neige, et arrosé. Ces ponts sont cependant enlevés avant la débâcle printanière. Les cours d'eau importants sont, pour leur part, franchis au moyen de ponts permanents.

La saison de transport par routes d'hiver se termine habituellement au plus tard le 31 mars. La date de fermeture est déterminée par la perte de traction survenant lors du passage sur les pentes orientées vers le sud.

Routes d'hiver destinées à la Cie M.J. Labelle Limitée

On construit chaque année, pour donner accès à des collectivités isolées, des routes d'hiver qui vont de Cochrane à Moosonee et, vers le nord, le long de la côte ouest de la Baie James, jusqu'à Attawapiskat. Du total des 500 milles (800 km) de routes d'hiver construites, entre 100 et 250 milles (160 et 400 km) le sont chaque année par la Cie M.J. Labelle limitée. Quelque 20% du terrain traversé est constitué de hautes terres ou de terrains de nature minérale, et quelque 80%, de terrains à base de matières organiques ou de marécages et de fondrières. A l'exception de la région située immédiatement au sud d'Attawapiskat, toute la route est située au sud de la zone discontinue de pergélisol.

Les tracés des routes d'hiver sont choisis à partir de photographies aériennes, après quoi ils sont piquetés grossièrement sur le terrain. On suit le plus possible les clairières et les pistes d'exploration séismique ou les emprises de routes déjà établies. Lorsque les conditions de gel le permettent, on utilise

des véhicules à chenilles ou des véhicules à faible pression au sol pour fouler les marécages, et ainsi favoriser la pénétration du gel. Une fois que le sol est suffisamment gelé, on débarrasse l'emprise de la route des arbres et arbustes au moyen de tracteurs D-6 et D-7. On établit ensuite une surface préliminaire de la route de 25 pieds (8 mètres) de large, au moyen du "revers de la lame" des tracteurs et par le passage de lourds rabots tractés en bois. Le nivellement et l'aplanissement finals de la surface de la route se font au moyen d'une niveleuse automotrice. Pour les terrains de type minéral, on forme la surface destinée à la circulation en mettant à nu les sols minéraux. Dans les secteurs marécageux, le manteau organique relativement intact est recouvert de neige tassée et les dépressions sont comblées pour former la surface destinée à la circulation. Les déclivités maximales sont maintenues en deça de 5% et les courbes en deça de 3° degrés. Ces routes, qui sont habituellement achevées pour le 1er janvier, supportent la circulation de semi-remorques de 50 tonnes (45 tonnes métriques) et autorisent des vitesses constantes de 50 milles à l'heure (80 km. à l'heure).

Des ponts de glace non renforcés sont utilisés pour franchir les rivières et les cours d'eau importants. Ils sont construits de la façon habituelle, soit en arrosant la surface pour permettre la formation de la glace. Une fois que le couvert de glace naturel a atteint 3 à 4 pouces, la neige est tassée par une motoneige et l'arrosage est amorcé. Ce dernier se déroule selon des étapes de 1 à 2 pouces (2,5 à 5 cm.) par arrosage, jusqu'à ce que l'épaisseur souhaitée ait été réalisée. Le 1er janvier, les ponts de glace sont achevés et ouverts à la circulation. On impose cependant, à tous ces ponts de traversée, une vitesse limite de 10 milles à l'heure (16 km. à l'heure).

Le guide sur l'épaisseur de la glace, qui apparaît dans la section relative à la Spruce Falls Power and Paper représente les épaisseurs maximales de glace bleue solide nécessaires au support des diverses charges. On considère que l'épaisseur de la glace blanche a une force égale à la moitié de celle de la glace bleue solide.

Les ponts traversant les petits cours d'eau sont construits en disposant des billes de bois longitudinalement et transversalement, selon des épaisseurs successives, en travers du chenal du cours d'eau en question. Le pont est alors couronné de neige et de broussailles et arrosé. Les installations de traversée de ce type sont enlevées avant la venue de la débâcle printanière. Les approches de ces passages sont établies par le nivellement des berges du cours d'eau.

L'entretien des portions de route passant sur la terre ferme consiste à conserver à la surface affectée à la circulation un nivellement uni, au moyen d'une niveleuse automotrice. Sur les ponts de glace, l'épaisseur de la glace est vérifiée de façon hebdomadaire et les crevasses sont rapiécées par arrosage. Les préposés aux ponts et les inspecteurs de route à plein temps ne sont pas nécessaires, car l'état des routes est rapporté directement aux équipes d'entreti par les conducteurs de camion.

Dès que la surface de la route témoigne des premiers signes de fonte, les camions et l'équipement d'entretien commencent à quitter les lieux. La raison de cette évacuation hâtive est que l'utilisation persistente des chauss au cours de la période de la fonte pourrait facilement entraîner l'immobilisatio de l'équipement le long de la route jusqu'à la saison hivernale suivante. Dans une année moyenne, la fin de la saison de transport par route d'hiver peut se situer vers le 15 mars.

QUÉBEC

Les activités relatives aux routes d'hiver se concentrent principalement, au Québec, autour de l'industrie des pâtes et papier. Au cours des dernières années, cependant, l'industrie de la construction lourde liée au projet de la baie James a aussi fait un grand usage des routes d'hiver. La première partie de cette section décrit les opérations de deux routes d'hiver associées aux activités des pâtes et papier. La seconde partie traite des routes d'hiver utilisées aux fins de la construction.

Routes d'hiver destinées à la Domtar Woodlands Ltd.

Les opérations d'abattage d'hiver de la Domtar Woodlands Ltd., effectuées dans la région de Quevillon, se situent principalement en terrain de type minéral. La construction des routes d'hiver commence à la mi-novembre avec l'enlèvement jusqu'au sol d'argile, des souches et de la mousse sur une emprise de route de 25 pieds (8 mètres) de large, au moyen de Bulldozers D-7. Le sol mis à nu, une fois gelé, servira de surface de circulation aux routes. Les petits ruisseaux sont franchis au moyen de ponceaux en tuyaux métalliques, que l'on récupère à chaque printemps. Quelque 12 milles (20 km.) de routes d'hiver répondant à ces normes sont construits chaque année au coût moyen de $2 000 le mille ($1 200 le km.). La compagnie n'utilise pas de ponts de glace sur les rivières ou de routes de glace sur les lacs.

Au début de janvier, la construction est achevée et le transport commence. Des charges brutes pouvant atteindre 75 tonnes (68 tonnes métriques), distribuées sur 6 essieux, sont transportées sur ces routes. Dans une année moyenne, la circulation lourde se poursuit jusqu'au 10 mars. Après cette date, la perte de traction due à la fonte de la surface de la route en oblige la fermeture. Au cours de la saison de transport, l'enlèvement de la neige au moyen de niveleuses automotrices constitue le seul entretien de ces routes.

Routes d'hiver destinées à la Consolidated-Bathurst Ltd.

La Consolidated-Bathursts Ltd. utilise 10 à 20 milles (16 à 32 km.) de routes d'hiver chaque année, pour ses opérations forestières qui se situent dans l'ensemble du bassin hydrographique de la Péribonka et de la région du lac Saint-Jean. Ces routes suivent autant que possible, des régions légèrement boisées en contournant les marécages profonds et les terrains de surface irrégulière. On évite en outre les collines qui les bordent, lesquelles pourraient engendrer des problèmes liés au gel. Lorsque certaines pentes ne peuvent être évitées les déclivités maximales que l'on tolère sont de 15%.

L'emprise de route est établie de la façon normale, au moyen d'un tracteur D-7, dès que les conditions de gel le permettent. Après avoir d'abord coupé et récupéré tout le bois vendable, les souches et les broussailles sont cisaillées au niveau du sol et repoussées sur les côtés de la route par les lames des tracteurs. A partir de ce moment-là, les niveleuses automotrices entretiennent une surface de circulation plane pendant toute la durée de l'utilisation de la route. La coupe transversale typique d'une route d'hiver passant sur la terre ferme comporte une couche de matière organique, recouverte d'un mince revêtement de neige foulée d'environ 1 pouce (2 centimètres) d'épaisseur. Le coût (1977) de construction d'une route d'hiver de 30 pieds (10 mètres) de large répondant à la norme décrite ci-haut se situe entre $2 000 et $3 000 le mille ($1 200 et $1 900 le kilomètre).

On construit des ponts de glace non renforcés sur les rivières et cours d'eau importants. Ces ponts, qui ont 150 à 200 pieds (46 à 60 mètres) de large sont construits par arrosage selon des étapes qui formeront de 1 à 2 pouces (2 à 4 centimètres) de glace à la fois, jusqu'à l'obtention d'une épaisseur de glace sécuritaire. La neige recouvrant la couverture naturelle de glace est foulée avant d'être arrosée soit au moyen de raquettes, d'une motoneige ou d'un véhicule à chenilles légers. Une épaisseur de glace naturelle de 2 à 3 pouces (5 à 7 centimètres) est habituellement suffisante pour permettre la première étape de foulage et d'arrosage.

On commence par dresser de petites digues, qui sont repoussées le long des bords extérieurs du tracé. L'eau est alors pompée à travers les trous perçés dans la glace au moyen d'un foret. Quand les températures ambiantes se situent bien au-dessous du point de congélation, il est possible d'appliquer jusqu'à 2 pouces (5 centimètres) d'eau par arrosage. A des profondeurs excédant 2 pouces (5 centimètres), on risque qu'une couche d'eau très froide soit emprisonnée entre l'ancienne et la nouvelle couche de glace, donnant lieu, à la formation de points faibles sur le pont.

Le type de pompe le plus couramment utilisée pour l'arrosage est la pompe centrifuge. Mue par un moteur refroidi à l'air, elle a une capacité d'environ 40 000 gallons (180 000 litres) à l'heure. Ces unités de pompage sont généralement montées sur un traîneau et peuvent être tirées par une motoneige ou par un petit tracteur. On a parfois utilisé des forets à glace. Une unité typique consiste en un foret à glace à moteur qui fait aussi office "d'impulseur" de pompe. Il peut pomper environ 30 000 gallons (135 000 litres) l'heure et peut être facilement déplacé sur un traîneau qu'un homme peut tirer.

Les approches des ponts de glace sont construites par nivellement des berges et par l'usage de remblais de matériaux granulaires pour combler l'espace séparant la glace de la rive. On assure le passage des petits cours d'eau par un remplissage granulaire sur des ponceaux faits de rondins.

L'entretien de la chaussée comporte le nivellement au moyen d'une niveleuse automotrice, l'enlèvement de la neige, et le sablage des collines et des courbes. On fait des vérifications périodiques sur les ponts de glace pour déceler des crevasses, que l'on répare par arrosage et rapiéçage. Le coût de cet entretien est de l'ordre de $1 000 à $1 500 le mille ($600 à $900 le kilomètre).

Épaisseurs minimales de la glace bleue solide

Véhicule/poids	Épaisseur minimale (glace bleue solide)	Espacement entre les véhicules
Automobile ou camionnette	8 pouces	65 pieds
Petit camion, chargement léger (3 tonnes)	10 pouces	85 pieds
Camion (20 tonnes GVW)	16 pouces	130 pieds
Camion (45 tonnes GVW)	24 pouces	165 pieds

Nota: Ces épaisseurs doivent être doublées pour la glace formée à partir de neige à demi fondue.
Multiplier le nombre de tonnes par 0,9 pour calculer le nombre de tonnes métriques.
Multiplier le nombre de pouces par 2,54 pour calculer le nombre de centimètres.
Multiplier le nombre de pieds par 0,33 pour calculer le nombre de mètres.

Vers le 15 décembre, la construction est habituellement achevée et les routes d'hiver sont ouvertes à la circulation. Ces routes sont empruntées tout au long de la saison de transport par des camions à semi-remorques portant des cargaisons dont le poids brut peut atteindre 55 tonnes (50 tonnes métriques). On peut s'attendre à leur fermeture n'importe quand, après le 15 mars, en raison de la perte de traction sur les surfaces orientées vers le sud.

Routes d'hiver se rendant à la baie James

La région de la baie James est caractérisée par un terrain relativement plat, par des températures subarctiques, et par des chutes de neige abondantes. Ces conditions sont favorables à la construction et à l'exploitation de routes d'hiver.

En 1971-72, une route d'hiver de 365 milles (590 kilomètres) comportant 13 ponts de glace a été construite, de Matagami à la baie James. Elle a permis au projet hydro-électrique de la baie James de se poursuivre avant qu'une route permanente puisse être construite. A l'origine elle a facilité la préparation des camps et du stockage.

Le tracé, indiqué sur des photographies aériennes, fut défriché sur une largeur de 30 pieds (10 mètres). On utilisa alors de l'équipement de construction pour fouler la neige et accélérer ainsi la pénétration du gel, évitant, en général les marécages qui sont les derniers à geler. Au nord de la rivière Rupert, on put construire environ 3 à 6 milles (5 à 10 kilomètres) de route par jour. L'emprise de route était élargie à chaque mille (1,6 kilomètre), ou à peu près, pour permettre aux véhicules de se croiser ou de doubler.

A l'hiver de 1972-1973 une route permanente avait été construite jusqu'à la rivière Rupert, de sorte que la route d'hiver qui la prolongeait fut construite le long de l'emprise qui avait été utilisée l'année précédente. Lorsque les températures chaudes entravèrent l'utilisation de la route, on déblaya la neige, ce qui rendit la surface grossière, obligeant les véhicules à circuler plus lentement. On utilisa du gravier pour améliorer la route, mais une période de chaleur, au début de mars, nécessita une application supplémentaire de gravier. La vitesse se situait en moyenne à 15 milles à l'heure (24 kilomètres à l'heure). La route fut empruntée au total, par 3 300 véhicules. Les charges accumulées s'élevaient à quelque 90 000 tonnes (82 000 tonnes métriques). La route fut fermée le 2 avril 1973. Les ponts de glace étaient cependant encore utilisables à ce moment-là.

Le coût initial d'ouverture de cette route en 1971-1972, fut de $7 200 le mille ($4 500 le kilomètre). La deuxième année, il fut majoré, même sans coûts de défrichage, à $8 200 le mille ($5 100 le kilomètre) en raison, pour une large part, des frais supplémentaires encourus par des détours et l'entretien.

Routes d'hiver destinées à Desourdy Construction Ltd.

Depuis le lancement du projet d'aménagement hydraulique de la baie James, quelque 400 milles (650 kilomètres) de routes d'hiver ont été construites par Desourdy Construction Ltd. Ces routes ont relié Matagami à LG2 (emplacement de la première centrale électrique, près de Radisson), à l'ouest de Fort George et à l'est d'un certain nombre d'autres centrales électriques situées sur la rivière La Grande. Elles sont utilisées pour transporter par camion de l'équipement de construction lourd, des matériaux de construction et du carburant aux chantiers des barrages et des centrales électriques.

Les couloirs destinés à la construction des routes d'hiver sont choisis en fonction de la construction ultérieure d'une route permanente. Les dépôts de matériaux granulaires et les types de terrains sont soigneusement déterminés avant que ne soit fixé le tracé de la route, de même que les emplacements possibles de construction des ponts; cependant, les sites idéalement choisis pour la construction de ponts de glace sont souvent inappropriés quand il s'agit de ponts permanents. C'est pourquoi, aux points de traversée des rivières il est ultérieurement nécessaire de modifier de façon importante le tracé de l'emprise de route initial en prévision de l'achèvement de la route permanente.

Problèmes liés à l'utilisation d'équipement à pneumatiques, sur une route d'hiver du Québec, causés par une pénétration insuffisante du gel. (Desourdy Construction Limited)

Dans les secteurs non marécageux, on établit une emprise de route de 36 pieds (11 mètres) de large en utilisant des TD-25. On prépare alors une chaussée de 22 pieds (7 mètres) de large en aplanissant et en nivelant au moyen de machines TD-20. Une fois que le gel a pénétré les sols mis à découvert, jusqu'à une profondeur minimale de 1 pied (30 centimètres), des niveleuses automotrices parachèvent l'aplanissement de la route. Dans les secteurs marécageux, des tracteurs adaptés aux fondrières vont et viennent sur l'emprise de route jusqu'à ce qu'ils aient forcé l'eau à s'élever à la surface. Une fois que la couche organique saturée est bien gelée, on répète ce processus avec des machines TD-20. La surface de circulation finale est formée de neige foulée et de glace pouvant atteindre jusqu'à un ou deux pieds d'épaisseur (environ un demi mètre).

Selon l'expérience de la compagnie, les bulldozers qui tournent en variant les vitesses de chenilles plutôt qu'en freinant de l'une de leurs chenilles, causent une détérioration moindre à la couche de surface. On a en effet observé une réduction importante du nombre d'enlisements, sur les portions d'emprises où l'on utilisait des tracteurs à vitesses de chenilles variables.

Au cours de la construction, on transporte le carburant au moyen de traîneaux jusqu'à des caches principales situées le long de la route. Les premiers véhicules (à chenilles flexibles) à être utilisés pour livrer le carburant à l'équipement de construction sont équipés de réservoirs de 1 000 gallons (4 500 litres).

En travaillant jour et nuit, des équipes de construction réussissent à progresser à un rythme moyen de 6 milles (près de 10 kilomètres) par jour. En incluant le défrichage, la construction et l'entretien, les coûts des routes d'hiver s'échelonnent de $6 000 à $10 000 le mille ($4 000 à $6 000 le kilomètre). L'entretien comprend le nivellement au moyen d'une nivelleuse automotrice. On utilise aussi du gravier pour renforcer certaines portions des marécages et pour remplir les trous. Des inspecteurs à temps plein vérifient l'état de ces routes.

Les emplacements de traversée des rivières ont été fixés par la Société de Développement de la Baie James, selon les critères de base suivants: le taux de formation de glace naturelle, les possibilités d'érosion thermique, et la possibilité d'accumulation de frasil en glace. (Le frasil en glace, connu aussi sous le nom de sorbet de glace, est constitué de glace granulaire ou à pointe, qui a pris naissance dans des rapides ou d'autres eaux agitées.) Les plans des ponts, qui sont aussi fournis par la Société de Développement de la Baie James, prévoyaient une armature en bois. La construction des ponts de glace commençait lorsqu'il y avait une épaisseur de 10 à 12 pouces (25 à 30 centimètres) de glace naturelle. Elle consistait à déposer les billes de bois, longitudinalement, en travers de la rivière, à 4 pieds (1,2 mètre) de distance, centre à centre, selon des joints à recouvrement de 4 pieds (1,2 mètre). Le bois était alors arrosé et une autre épaisseur ajoutée selon la même configuration, en laissant environ 12 pouces (30 centimètres) entre ces couches. A la suite de la formation d'un autre 2 pieds (0,6 mètre) de glace, par arrosage, une épaisseur finale de renforcement était rajoutée, dans le sens transversal, et recouverte de 8 pouces (20 centimètres) de glace. La largeur de la portion de pont renforcée était de 34 pieds (10 mètres), la largeur totale du pont étant de 150 pieds (46 mètres), et l'épaisseur de la glace, de 48 pouces (120 centimètres).

La vitesse limite sur les ponts de glace était réduite à 2 milles (3 kilomètres) à l'heure. Les ponts de glace, construits selon la méthode décrite, pouvaient supporter des véhicules à pneumatiques d'un poids brut de 70 tonnes (63 tonnes métriques) et des bulldozers de 50 tonnes (45 tonnes métriques).

Pont de glace renforcé, de 60 à 70 pouces (150 à 170 centimètres) d'épaisseur et de 1 400 pieds (425 mètres) de longueur, traversant la rivière Rupert. La surface s'incurva de 1 pied (30 centimètres), lorsqu'un TD 25 de 45 tonnes (40 tonnes métriques) le traversa. (Desourdy Construction Limited)

MARITIMES ET LABRADOR

En Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard, les températures modérées de l'hiver rendent impraticables, en principe, les routes d'hiver comme moyen de transport. Le Nouveau-Brunswick connaît parfois des températures plus froides; leur peu de fiabilité réduit cependant la possibilité d'y construire des routes d'hiver. A Terre-Neuve et au Labrador, on a recours parfois à des sentiers d'hiver.

Nouveau-Brunswick

Les petites sociétés forestières du Nouveau-Brunswick utilisent des routes de transport d'hiver dans les secteurs inaccessibles en été. En général, ces routes d'hiver se limitent aux zones situées dans des basses terres. Les grosses compagnies, cependant, ont tendance à les rejeter totalement à cause des fontes périodiques qui surviennent au cours de l'hiver et du peu de sécurité qu'offre la glace, pour la construction des ponts de glace.

Il existe cependant un pont de glace au Nouveau-Brunswick, que l'on reconstruit chaque année, c'est celui qui assure la traversée du lac Washademak. Ce passage est unique du fait que la population locale est invariablement la première à l'utiliser chaque année. Certains utilisateurs de longue date le traversent en voiture avant même que la glace n'ait atteint 1 pied (0,3 mètre) d'épaisseur et que l'emprise de route n'ait été déblayée.

Le Department of Transportation assure le déblaiement du passage et l'installation de balises et de panneaux de signalisation; ce ministère n'endosse pas cependant la responsabilité de la sécurité des utilisateurs et n'installe aucune balise avant que la glace n'ait atteint 1 pied (0,3 mètre) d'épaisseur.

On laisse la glace atteindre d'elle-même l'épaisseur de 1 pied (0,3 mètre), sur le passage de 1 mille (1,6 kilomètre) de longueur. Une jeep ou un camion d'une demi-tonne à 4 roues motrices, équipé d'une charrue à neige, prépare deux emprises de route. La première, d'environ 40 pieds (12 mètres) de large, est piquetée sur l'un de ses côtés, pour y guider la circulation. La seconde emprise est déblayée dans le but d'intercepter la neige poussée par le vent. L'épaisseur de la glace est vérifiée, au tout début de l'hiver, en creusant à travers la glace. Au cours de l'hiver, la glace atteint une épaisseur de 30 à 32 pouces (75 à 80 centimètres). Des camions chargés de bois de pulpe, dont le poids brut varie entre 15 et 20 tonnes (13 et 18 tonnes métriques), ont utilisé le passage du lac Washademak.

Ce passage n'exige aucun entretien, si ce n'est l'enlèvement de la neige, car on n'y a relevé aucun problème lié aux crevasses ou aux crêtes de pression.

Au printemps, la traversée est généralement écourtée par la fonte de la neige du rivage, fonte dont l'effet est de désagréger la glace ou d'inonder les approches. Aussi, le passage n'est-il normalement utilisé que du début de janvier à la fin de mars. Par certains hivers d'une rigueur extrême, cependant, ce passage a pu être utilisé dès le 10 décembre jusqu'au 10 avril.

Il y a quelques années, lorsqu'un pont permanent situé en amont du passage du lac Washademak fut détruit, la population locale utilisa un passage temporaire sur la glace pour continuer à avoir accès directement à Saint-Jean.

D'autres ponts de glace, tel celui d'Evandale, franchissent la rivière Saint-Jean. La viabilité de ces passages est cependant abrégée par les marées et les réservoirs de centrales électriques, qui affaiblissent la glace en faisant varier le niveau de l'eau.

Terre-Neuve

A Terre-Neuve, Price Newfoundland et Bowater Newfoundland Ltd. sont les deux principales compagnies qui utilisent des routes d'hiver. Leurs méthodes de construction, d'exploitation et d'entretien sont analogues. Ces routes d'hiver ne sont utilisées que pour une saison, mais elles sont souvent planifiées en vue d'être améliorées et incorporées éventuellement aux réseaux de routes permanentes des compagnies. On procède d'abord à la préparation de l'emprise en récupérant le bois de pulpe. Des tracteurs à chenilles de poids moyen transportent alors du sol minéral humide (parfois mêlé de neige) pour former une route relativement nivelée. Le sol minéral provient en partie des fossés parallèles à la chaussée. La végétation de surface sur le reste de l'emprise et sous la chaussée n'est généralement pas touchée. Le nivellement de la route se fait à l'aide de la lame d'un tracteur en marche arrière.

En général, les routes sont achevées avant la venue du gel, puis elles sont laissées à elles-mêmes jusqu'à ce qu'elles soient complètement "prises". Une fois les routes gelées, des retouches peu importantes faites au moyen d'une niveleuse suffisent à les rendre utilisables.

Le public n'est pas autorisé à utiliser ces routes d'hiver qui ne sont en fait exploitées que pour le transport du bois de pulpe. Des camions lourds transportant entre 7 et 17 cordes de bois constituent la majeure partie de leur circulation.

Ces routes sillonnent tous les types de terrain et comportent des pentes allant jusqu'à 12% (à l'occasion 15%). On y trouve couramment des fossés, des ponceaux avec dalles en bois et des ponts de bois pour faciliter le drainage en bordure des routes et sur les routes mêmes. Lorsque l'on voit ces routes en été, on a peine à croire qu'elles puissent être passables, même en hiver.

Labrador

Au Labrador, l'exploitation des mines et des opérations forestières qui remonte assez loin dans le temps, a entraîné la construction de plus de pistes d'atterrissage temporaires que de routes d'hiver. Cette particularité relève de l'éloignement du Labrador par rapport aux premiers centres de développement et du fait que la mise en valeur de cette région a coincidé avec la période des transports par cargos aériens.

Aujourd'hui, l'on se sert peu des routes d'hiver, au Labrador, si ce n'est pour donner accès aux collectivités éloignées, bien que certaines aient déjà été utilisées dans le passé, pour le transport du bois de pulpe.

Plusieurs collectivités au Labrador sont situées sur la côte et les communications entre elles, au cours de l'été, se font par embarcations à moteur. En hiver, cependant, en raison du manque de véhicules sur roue, des sentiers sont aménagés surtout pour les motoneiges et, occassionnellement, pour des véhicules à chenilles. Les sentiers ne sont donc que des voies de communication joignant directement une collectivité à une autre. On ne fait donc qu'une faible utilisation de la couverture de glace pour les déplacements entre les collectivités. Certaines lignes de piégeage passent par les sentiers aménagés sur les surfaces glacées des lacs et des rivières. Dans ce cas également, l'on utilise surtout la motoneige.

Autrefois, lorsque le bois de pulpe était transporté par des traîneaux attelés, il arrivait souvent que l'on nivelle et humidifie la neige. Au cours des dernières années, les routes d'hiver du type de celles que l'on utilise à Terre-Neuve ont été empruntées par des véhicules à chenilles plutôt que par des véhicules sur roues.

Tout récemment, on a construit un pont de glace près d'un pont de route permanente pour permettre le passage de camions dont les charges de bois de pulpe étaient trop pesantes pour la capacité portante du pont permanent. Il a été construit en pompant de l'eau entre de petites banquettes retenant de la neige. Des dalles de bois furent également installées en guise de renforcements.

Actuellement, au Labrador, on utilise très peu les routes d'hiver surtout depuis la fermeture récente de la dernière compagnie d'exploitation forestière.

TERRITOIRES DU NORD-OUEST

Les routes d'hiver situées dans les Territoires du Nord-Ouest sont concentrées dans trois principaux secteurs: le delta du Mackenzie, Yellowknife et les îles de l'Arctique. Dans le delta du Mackenzie et autour de Yellowknife, les routes d'hiver sont essentiellement constituées de routes de neige et de glace utilisées pour l'exploration pétrolière et gazière et pour desservir les compagnies minières. La seule exception est la route de glace joignant Aklavik et Tuktoyaktuk, une route publique construite chaque année et régie par le MTP (ministère des Travaux Publics) de l'Administration territoriale. Sur les îles de l'Arctique, les routes d'hiver sont utilisées comme routes de transport ou comme sentiers pour l'exploration séismique.

Routes d'hiver du delta du Mackenzie

Dans le delta du Mackenzie, environ 550 milles (880 kilomètres) de routes d'hiver ont été construits en 1976-1977, pour déplacer et desservir les installations de forage utilisées pour l'exploration pétrolière. Ces routes allaient des routes de neige et des routes de neige recouvertes de glace aux routes établies sur la glace des rivières. En général, 50 à 70 pour cent de ces routes étaient situées sur la terre ferme. Leurs emprises allaient de 33 pieds (10 mètres), sur la terre ferme à 100 pieds (30 mètres), sur les lacs et les rivières. Certaines de ces routes pouvaient supporter des véhicules transportant des chargements pouvant atteindre 60 000 livres (27 000 kilogrammes).

Les dates d'ouverture et de fermeture, et, dans une certaine mesure, les méthodes de construction sont régies par des règlements d'utilisation des terres et appliquées par des inspecteurs de l'utilisation des terres, du Service foncier et forestier (N.-O.), du ministère des Affaires indiennes et du Nord. Avant de se voir accorder la permission de construire une route d'hiver, l'entrepreneur doit présenter un plan indiquant le tracé proposé. Les inspecteurs de l'utilisation des terres vérifient le tracé pour s'assurer qu'il n'existe pas de secteur susceptible de faire l'objet de conflit, comme des franchissements de cours d'eau, des pentes raides, des collines latérales et des secteurs de polygones et de pingos. Une fois que l'emplacement de la route a été approuvé, l'entrepreneur doit attendre jusqu'à ce que l'inspecteur ait acquis la certitude que la neige et le gel sont suffisants pour assurer la protection de l'environnement. Normalement, au moins 6 pouces (15 centimètres) de neige et 6 pouces (15 centimètres) de gel sont nécessaires pour éviter des dommages à la végétation, avant que la construction ne puisse commencer. Il arrive que les inspecteurs vérifient une route quotidiennement, au cours de l'étape de la construction, pour s'assurer que le gel et la neige sont suffisants; puis, ils mènent des inspections bi-hebdomadaires, lorsque la route est terminée.

La plupart des entrepreneurs utilisent des méthodes analogues de construction. L'équipement employé au début de la construction comprend des tracteurs à chenilles, des chargeuses sur pneumatiques, et des niveleuses. Une fois que la neige est tassée, on utilise des rabots tractés faits de gros pneus ou d'acier, et de l'eau pour préparer la surface finale. L'eau est utilisée pour constituer un recouvrement de glace, et la quantité d'eau requise pour

apprêter la surface finale déterminera le nombre de camions-citernes nécessaires. En 1976-1977, les rabots tractés en acier n'étaient pas permis dans le delta du Mackenzie, parce que, selon les inspecteurs de l'utilisation des terres, ils causaient plus de dommages à la végétation que les rabots tractés faits de pneus.

Les franchissements de cours d'eau posent des problèmes dans le delta du Mackenzie. Les rivières importantes exigent la construction d'un pont de glace et l'aménagement d'approches. Les petits cours d'eau peuvent, pour leur part, être franchis par des ponceaux de bois, bien que les remplissages au moyen de neige arrosée d'eau soient habituellement suffisants. Le manque de neige dans le delta a amené une compagnie à utiliser à certains franchissements de cours d'eau, une machine pour la fabrication de neige artificielle. Tous ces franchissements sont choisis en fonction de la pente.

Chaque année, une route est construite sur la glace et relie Aklavik, Inuvik et Tuktoyaktuk. Cette route a environ 150 à 200 milles (240 à 320 kilomètres) de long et relève de la compétence du M.T.P. de l'administration territoriale. Quatre-vingt-dix-neuf pour cent de celle-ci est construite sur les chenaux du delta du Mackenzie. La construction commence habituellement le 1er janvier, après l'accumulation de 16 pouces (40 centimètres) de glace. Des niveleuses et des chasse-neige en V sont utilisés pour garder la glace libre de neige, afin d'accélérer la pénétration du gel.

L'emprise est entretenue sur une largeur d'environ 100 pieds (30 mètres), pour empêcher que la neige ne soit balayée sur la route. Les congères sont aussi gardés le plus bas possible, pour la même raison. Une fois la route construite, l'entretien continu est assuré par des niveleuses. Les crêtes de pression présentent certains problèmes d'entretien, bien que l'on détourne habituellement la circulation aux endroits où elles se produisent.

Le coût de la route est approximativement de $350 à $400 le mille ($220 à $250 le kilomètre). On y transporte des charges d'un poids total de 50 à 100 tonnes (45 à 90 tonnes métriques).

Routes d'hiver dans la région de Yellowknife

Les routes d'hiver situées autour de Yellowknife sont construites principalement pour desservir l'industrie minière. En 1976-1977, environ 400 milles (650 kilomètres) de route étaient utilisés. Ce nombre incluait la route de 300 milles (500 kilomètres) construite chaque année de Rae à Echo Bay, pour transporter des marchandises à la mine de Port Radium et pour en ramener du minerai. En 1976-1977, 1 million de gallons (4,5 millions de litres) de combustible, 1 500 tonnes (1 400 tonnes métriques) de marchandises et 2 600 tonnes (2 400 tonnes) de minerai ont été transportés sur cette route, vers la mine ou en provenance de cette dernière.

La route d'Echo Bay est construite dans une proportion d'environ 80 à 90 pour cent sur la glace de lacs. Cette particularité empêche d'en entreprendre la construction avant que la glace n'ait atteint 18 pouces (46 centimètres), soit habituellement le 1er janvier. Dans la phase initiale de construction,

Route d'hiver de la compagnie du Golfe dans le secteur du delta du Mackenzie, en 1977. On a autorisé la construction d'un pont de bois permanent afin de permettre une utilisation plus hâtive de la route. (D. Martin)

on utilise des camions 6 x 6 équipés de charrues en V, et des niveleuses. Sur les sections situées sur des lacs, on enlève la neige pour accélérer la formation de la glace et on garde les congères le plus bas possible pour empêcher que la route ne soit balayée par la neige. Les routes de neige situées sur la terre ferme sont construites au moyen d'un équipement analogue et d'une variété de rabots tractés en acier.

Le nivellement initial se fait au moyen d'un rabot tracté composé de chaînes et d'une poutre-H, de 16 pieds (5 mètres de long) sur 18 pieds 6 pouces (5,7 mètres) de large et le nivellement final à l'aide d'un rabot tracté comportant une toile de criblage de 14 pieds sur 6 pieds (4 mètres sur 2 mètres) construit au moyen de fers en U et d'une toile de criblage à mailles de grande dimension. Une fois la construction terminée, l'entretien est assuré de façon quotidienne.

La route est habituellement ouverte pendant environ trois mois, du 1er janvier au 1er avril. La circulation est cependant limitée aux camions à ponts montés en tandem d'un poids brut maximal (poids brut du véhicule: P.B.V.) de 90 000 livres (40 000 kilogrammes). La vitesse moyenne pour le voyage aller-retour se situe entre 20 et 25 milles à l'heure (32 et 40 kilomètres heure). Les vitesses supérieures à 25 milles à l'heure (40 kilomètres heure) ne sont pas permises, dans le but d'éviter la formation de vagues sous la glace.

Les coûts de construction pour la route d'Echo Bay ont augmenté pour passer de $100 le mille ($60 le kilomètre), il y a 5 ans, à $200 le mille ($120 le kilomètre), pour la saison 1976-1977.

D'autre routes situées dans la région de Yellowknife constituent des prolongements de la route d'Echo Bay qui se rend aux lacs Dismal, et de plusieurs routes moins importantes partant de Yellowknife. Ces routes sont construites de la même manière que la route d'Echo Bay, pour desservir l'industrie minière locale.

Les inspecteurs de l'utilisation des terrains jouent un rôle important dans le choix du tracé et la construction des routes d'hiver, dans la région de Yellowknife, comme dans celle du delta du Mackenzie. Ils déterminent si le tracé choisi par l'entrepreneur est approprié; ils fixent le début de la construction de la route ainsi que la date de fermeture et ils évaluent les méthodes de construction et l'équipement proposés.

Pistes utilisées pour l'exploration séismique

Les pistes destinées à l'exploration séismique sont ouvertes chaque année dans tout l'Ouest des Territoires du Nord-Ouest pour servir à l'exploration pétrolière et gazière. Le nombre de milles de pistes d'exploration séismique varie d'une année à l'autre, selon l'importance de l'activité. Depuis l'entrée en vigueur des règlements sur l'utilisation des terres, le nombre des nouvelles pistes ouvertes chaque année a diminué. Car les inspecteurs de l'utilisation des terres exigent que l'on utilise, dans la mesure du possible, les sentiers existants et les règlements déjà décrits régissent aussi la construction des pistes d'exploration séismique. Cependant, les méthodes de construction sont quelque peu différentes du fait que l'équipement utilisé est constitué de véhicules à chenilles ou montés sur des skis. Une fois que le gel a pénétré assez profondément et qu'il existe suffisamment de neige, des tracteurs D6 et D7 poursuivent la construction de la route, une fois que les véhicules à faible pression au sol ont tassé la neige.

Ancienne piste d'exploration séismique utilisée chaque année comme route d'hiver. Les endroits recouverts de glace sont causés par l'eau qui coule en travers de la route, en provenance du sol. (K.M. Adam)

La circulation empruntant les pistes d'exploration séismique est constituée habituellement d'environ 80 pour cent de véhicules à chenilles et de 20 pour cent de véhicules à crampons. La vitesse moyenne y est d'environ 3 milles à l'heure (5 kilomètres heure). Dans les secteurs où l'on procède à des relevés séismiques, environ 20 à 25 passages de véhicules d'un poids moyen de 20 tonnes (18 tonnes métriques) sont requis pour compléter le travail.

Sur les collines raides, les véhicules à chenilles ont souvent tendance à déraper et à causer des dommages à la mousse ou au couvert de surface.

Routes d'hiver dans les îles de l'Arctique

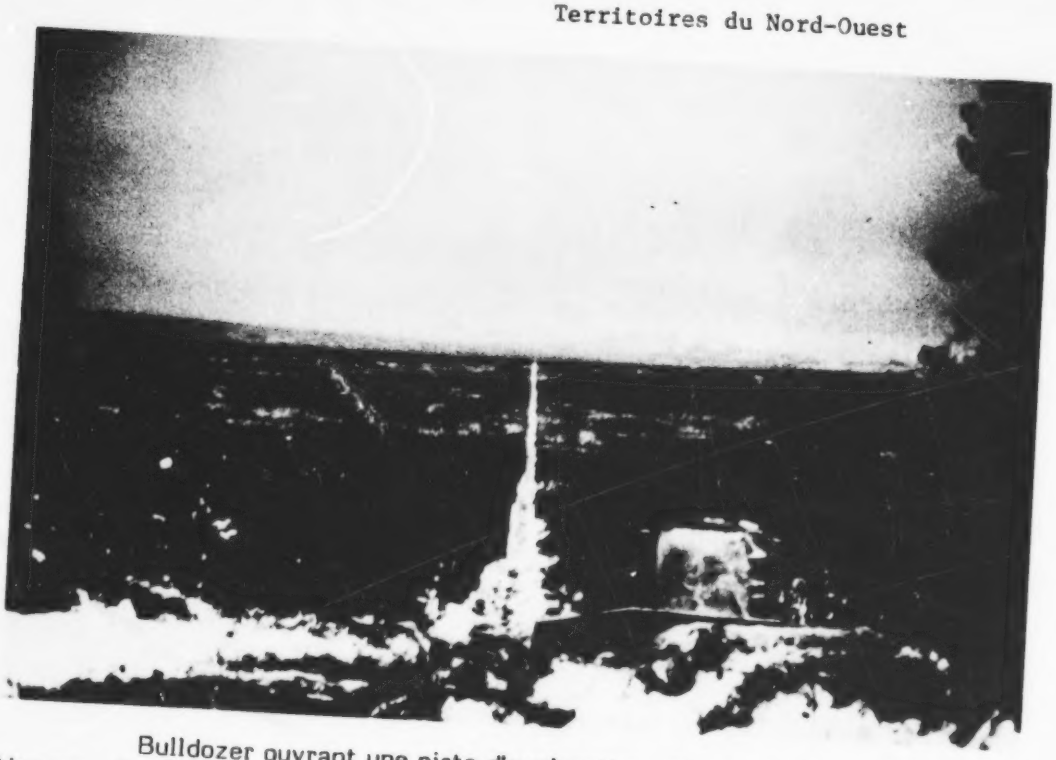
Dans l'extrême Arctique, où se trouvent les îles Banks, Prince Patrick, Melville, Meighen, Prince de Galles et Cornwallis, les sentiers d'hiver sont généralement utilisés à l'une des deux fins suivantes: comme pistes d'exploration séismiques ou comme routes de transport. Les routes de transport sont construites en passant directement sur la neige qui a été balayée par le vent. Les pistes d'exploration séismiques, elles, étant faites sur le sol nu requièrent souvent le déblayage de quantités importantes de neige.

Le terrain des îles est la plupart du temps accidenté, sauf pour quelques pentes douces. Jusqu'à parfois 30 pour cent de la route repose sur le roc et le reste sur un sol de toundra. On ne touche pas beaucoup au roc, en particulier s'il s'agit de routes de transport qui passent directement sur la neige balayée par le vent. Mais, dans certains endroits particuliers, comme à l'Île Melville, la route doit contourner les secteurs rocailleux.

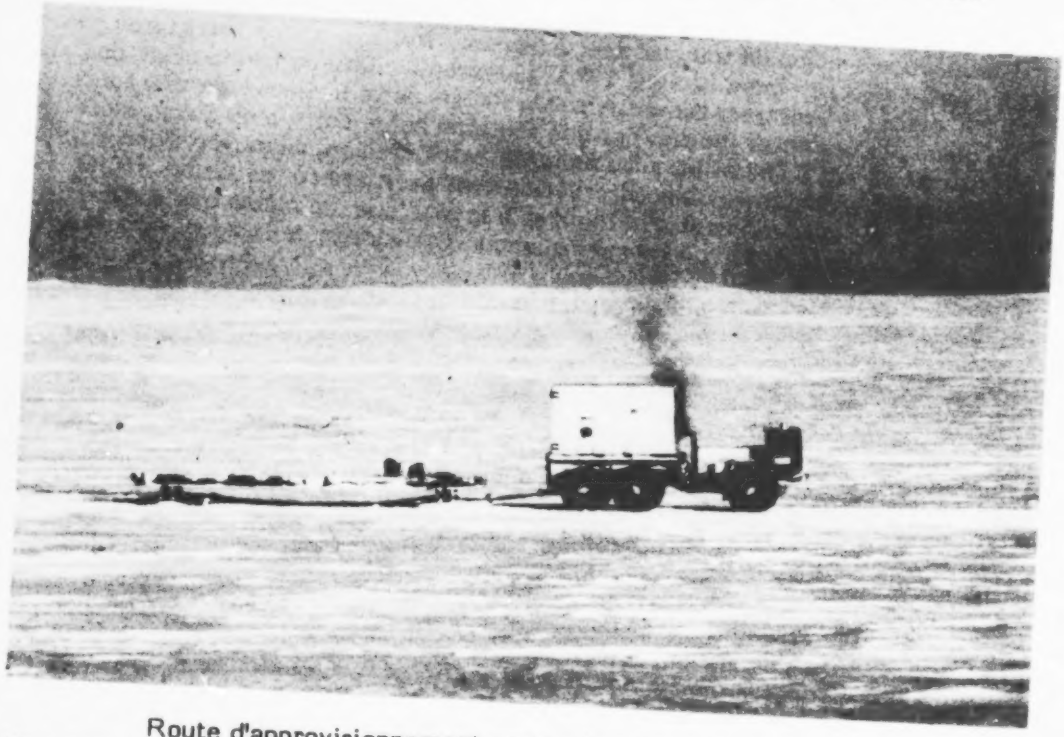
Étant donné qu'il y a plus de vent, donc, plus de rafales dans les îles de l'Arctique que dans le delta du Mackenzie, la neige a tendance à s'accumuler en d'énormes bancs dépassant facilement 10 pieds (3 mètres) de profondeur, en particulier dans les vallées ou du côté des collines exposées au vent. La neige qui se trouve dans ces secteurs est naturellement très dure et peut supporter un tracteur à chenilles D8 et les traîneaux qu'il remorque. C'est pourquoi les routes de transport peuvent être construites sur la neige. Pour ce qui est des pistes d'exploration séismiques, elles sont ouvertes par des bulldozers qui déblaient la neige jusqu'au sol avec leurs lames. Un recouvrement de dimensions importantes à la base de la lame protège la surface dans les secteurs de toundra contre la plupart des dommages possibles.

Le froid persistant fait geler complètement les îles. Les dépressions formées par les cours d'eau se remplissent de neige soufflée par le vent, de sorte que le passage de ces cours d'eau ne pose plus aucun problème. La glace de 7 pieds (2 mètres) d'épaisseur que l'on y trouve est favorable à la circulation et évite d'avoir à contourner les lacs ce qui ajouterait une distance considérable à certaines des routes utilisées. Environnement Canada n'autorise pas toujours cependant le passage des rivières et des lacs.

Les travaux d'exploration et autres dans les îles commencent généralement en octobre et se terminent à une date pré-déterminée, soit le 10 juin.



Bulldozer ouvrant une piste d'exploration séismique près de Fort Norman. (L. Émard)



Route d'approvisionnement empruntant la surface de neige, sur l'île Banks, de l'Archipel arctique canadien. (L. Émard)

La circulation sur les pistes est constituée principalement de tracteurs à chenilles et de traîneaux, bien que l'on utilise également de gros véhicules à faible pression sur le sol. Parfois, des camions servent au déplacement de l'équipement de forage dans les îles de l'Arctique. Les tracteurs à chenilles remorquent habituellement quatre traîneaux dont chacun transporte jusqu'à 30 tonnes (27 tonnes métriques).

Aucun compactage n'étant nécessaire pour la construction des routes d'hiver, l'entretien de celles-ci se résume essentiellement à l'enlèvement de la neige. De grandes quantités de neige doivent par contre être déblayées pour la construction et l'entretien des pistes d'exploration séismique. Le coût de la construction de pistes d'exploration séismique se situe normalement entre $5 000 et $6 000 le mille ($3 000 et $3 775 le kilomètre). Les routes de transport coûtent beaucoup moins cher à construire, leur coût n'excédant pas normalement $500 le mille ($300 le kilomètre).

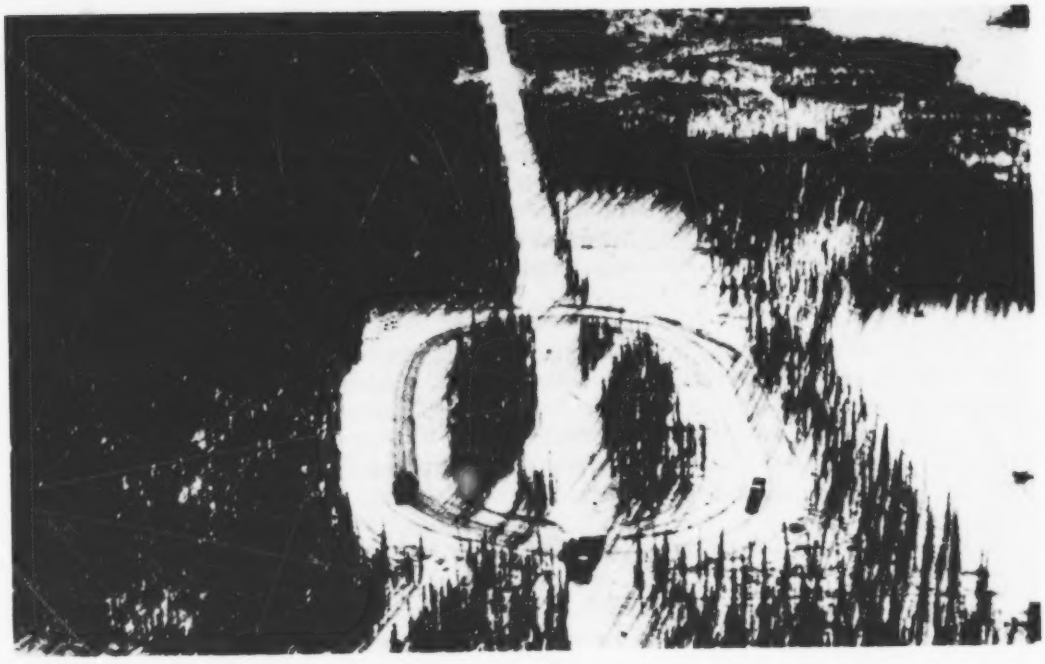
Le nettoyage d'été dans les secteurs d'activités est repéré au moyen de l'hélicoptère. Les pistes construites sur les îles laissent en fait une marque à la surface du sol; cependant, à part cela, on ne rencontre que peu de problèmes importants au niveau du terrain.

Étude pour la route d'hiver de Norman Wells

Pour évaluer la possibilité d'utiliser des routes d'hiver dans la construction de pipelines, la Canadian Arctic Gas Study Limited a parrainé l'essai d'une section de route d'hiver à Norman Wells, dans les Territoires du Nord-Ouest, en mars et avril 1973. Un circuit pilote de forme ovale de 1 200 pieds (395 mètres) constitué sur la moitié de sa longueur par une route de glace et sur l'autre moitié, par une route de neige coiffée de glace, a été construit et mis à l'essai jusqu'au point de détérioration, au moyen d'une circulation sur roues et à chenilles. Des observations ont aussi été faites sur les effets respectifs du défrichement à la main et à la machine, de même que sur la dégradation de la couche de pergélisol dans le voisinage de la boucle d'essai.

Le défrichage et l'essouchage de la piste d'essai ont été entrepris le 6 mars et achevés, sur une largeur de 50 pieds (16 mètres), le 8 mars. Le défrichage ultérieur de l'intérieur de la piste a porté la largeur de l'emprise à 70 pieds (23 mètres).

La construction de la section de route faite de glace a commencé le 7 mars. L'excédent de neige a été déblayé par les lames des bulldozers (pour simuler une condition de pénurie de neige) laissant une épaisseur moyenne de neige d'environ 4 pouces, qui a été nivelée et passée au rabot tracté par une bulldozer D7 tirant un pneu Euclid. On entreprit alors l'arrosage, qui fut poursuivi jusqu'au 14 mars, moment où un volume total de 44 700 gallons (200 000 litres) d'eau avait été appliqué à la surface de la route atteignant ainsi une profondeur moyenne équivalent à 5,35 pouces (13,5 centimètres) de glace.



Piste d'essai de Norman Wells. La route de glace se trouve à droite et la route de neige coiffée de glace, à gauche. (W. Sol)

Partie de la piste d'essai de Norman Wells, en été. A noter l'absence de perturbation après 36 000 passages. (K.M. Adam)

La construction de la route obtenue par compactage de la neige fut entreprise le 8 mars à l'aide de neige recueillie sur le côté de l'emprise, tassée au moyen d'un rabot tracté formé de billes de bois. Le traitement de la neige commença le jour suivant au moyen d'un cultivateur à disques Massey-Ferguson attaché à la benne d'un chargeur à benne frontale. Le compactage fut alors effectué par quatre passages complets du bulldozer D7 sur toute la largeur de la route et par un passage final, sur la surface entière, d'un rabot tracté formé de billes de bois.

Après un durcissement par vieillissement de 42 heures, la densité de la route de neige était de 31 livres par pied cube (0,5 gramme par centimètre cube) et les lectures de la sonde de battage indiquaient 251.

Des essais de circulation furent alors tentés sur la route, le 11 mars, en utilisant un autobus Fargo de 15 passagers. Après 25 passages de l'autobus, la surface de la route céda et il fut décidé de la reconstruire complètement, en fonction d'une norme plus élevée, en la coiffant de glace.

La reconstruction commença le 12 mars par l'apport sur la route d'une quantité additionnelle de neige en provenance des côtés de l'emprise, neige qui fut ensuite tassée par 4 passages complets d'un tracteur D7. On passa ensuite les rabots tractés, le premier constitué d'un pneu Euclid et le second, d'une poutre-I. Après quelques heures de durcissement par vieillissement, on appliqua sur la surface de la route 3 500 gallons (16 000 litres) d'eau. Sur une étendue de 7 200 pieds carrés (670 mètres carrés), cette quantité d'eau équivalait à 0,5 gallon par pied carré (25 litres par mètre carré). L'épaisseur moyenne de la route était de 14 pouces (35 centimètres). Au plus tard 12 heures après, les lectures de la sonde de battage obtenues sur la route de neige recouverte de glace s'élevèrent en moyenne à 646. On commença alors les essais de circulation.

Ces essais de circulation commencèrent le 14 mars en utilisant l'autobus Fargo de 15 passagers. La circulation additionnelle que l'on ajouta par la suite comportait des camions - tandem basculant, un camion Ford F-500, un camion Ford F-350, et plusieurs camionnettes. Le poids brut maximal des véhicules s'échelonnait de 5 000 à 43 000 livres (2 300 à 19 500 kilogrammes).

L'essai de circulation plein et entier commença le 19 mars, sur une base de 24 heures. Le rapiécage minime de la route de neige coiffée de glace se faisait au moyen de neige et d'eau. On enregistra de façon continue, chaque jour, les lectures réalisées au moyen de la sonde de battage de même que les températures maximales et minimales, au cours de la période d'essai de circulation. Il devint nécessaire d'étendre du sable dans les courbes, lorsque la température plus chaude rendit la surface de la route glissante.

L'essai de circulation se termina le 9 avril, après un total de 36 000 passages de véhicules, lorsque, de l'avis de l'inspecteur de l'utilisation des terres du Mackenzie Forest Service, la route n'était plus appropriée à la circulation diurne. Les essais sur la circulation à chenilles furent terminés, pour leur part, le 10 avril.

Voici certaines des conclusions de l'étude sur les routes d'hiver de Norman Wells:

- La circulation appliquée à la piste d'essai simulait très bien la circulation relative aux pipelines en termes de passages de véhicules, de charges sur les roues et de poids total en tonnes. Or, la piste d'essai a été en mesure de supporter cette circulation soutenue.

- Dans l'ensemble, les lectures de la sonde de battage portant sur la route se sont accrues avec l'abaissement de la température de l'air et ont baissé avec l'élévation de cette même température.

- Il a été confirmé que la limite inférieure de la densité des routes d'hiver, qui serait structuralement acceptable, était de 37 livres par pied cube (0,60 gramme par centimètre cube) ou des lectures moyennes de la sonde de battage de 450.

- Les lectures de la sonde de battage sont de peu d'utilité pour estimer le moment propice à la réduction de la circulation printanière étant donné que les endroits de la route dénudés par la circulation sont apparus avant que les lectures moyennes de la sonde de battage soient tombées sous 450.

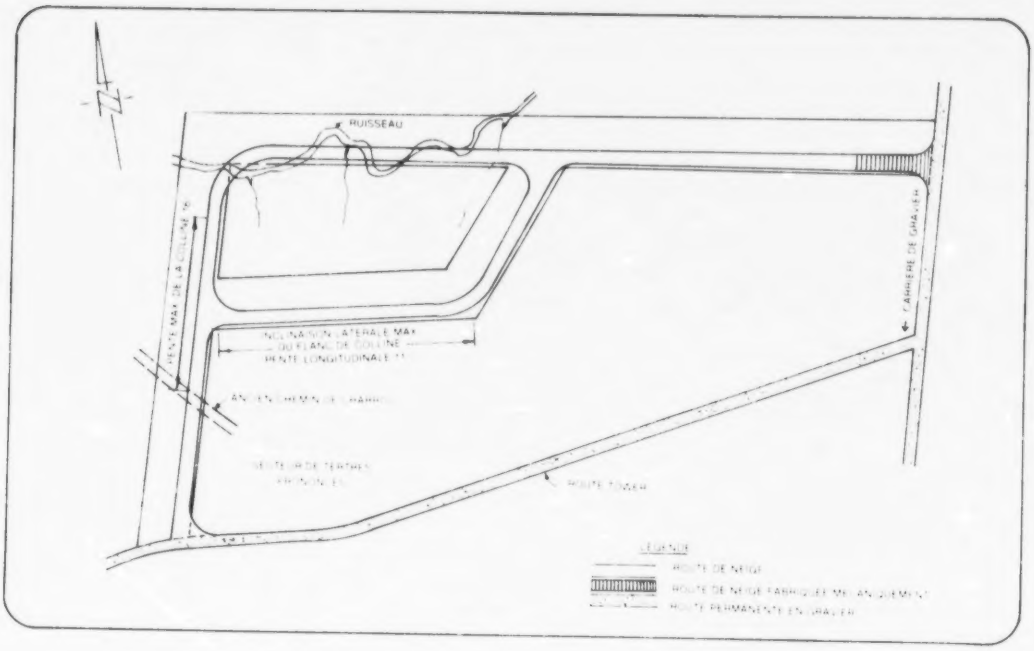
- Les routes de neige non praticables après 4 jours de durcissement par vieillissement ne peuvent devenir praticables.

- A moins que la neige ne comporte suffisamment d'humidité, il est impossible de construire une route de neige praticable sans l'utilisation de rabots tractés et de rouleaux lourds.

- Une route de glace peut supporter une circulation sur pneumatiques avec moins d'entretien qu'une route de neige coiffée de glace. Cependant, une route de glace se détériore davantage lorsqu'elle est empruntée par des véhicules à chenilles.

- Les routes de neige coiffées de glace doivent posséder un recouvrement de glace uniforme d'au moins 4 pouces (10 centimètres) d'épaisseur et d'une densité de 0,80-0,85 pour être en mesure de supporter la circulation propre aux pipelines.

- L'opinion d'un inspecteur expérimenté de l'utilisation des terres sur la capacité d'une route à permettre la circulation au cours de l'écoulement printanier l'emporte sur tout autre moyen disponible d'évaluation.



Emplacement d'essai de la route de neige d'Inuvik. (Source: Northern Engineering Services)

Étude sur la route de neige d'Inuvik

Au cours de l'hiver de 1973-1974, la Canadian Arctic Gas Study Limited a parrainé à titre de prolongement de l'étude sur les routes d'hiver, effectuée à Norman Wells, en mars 1973, des essais supplémentaires sur les routes d'hiver, à Inuvik, dans les T.N.-O. Deux sections de route d'essai ont été construites et ouvertes à la circulation à la fin de 1973 et au début de 1974. La circulation fut alors suspendue jusqu'au printemps de 1974, alors que les sections en question furent soumises à la circulation jusqu'à ce qu'elles soient devenues impraticables.

La route principale était formée d'une section de route de neige en forme de L de 2 600 pieds (800 mètres) de long aboutant deux routes de gravier permanentes qui se coupaient. On obtenait ainsi une piste constituée d'une route de neige sur la moitié de sa longueur et d'une route de gravier, sur l'autre moitié. Une seconde section de routes de neige en forme de L de 1 100 pieds (330 mètres) de long fut aussi construite dans le but de former une petite piste dans le coin nord-ouest de la première piste (voir l'illustration). On entreprit le défrichage manuel de l'emprise à la fin d'octobre suivi par le compactage de la neige existante, pour accélérer la pénétration du gel. On utilisa à cette fin un véhicule Bombardier J-5.

La fabrication de la neige destinée à servir à la construction de la section principale d'essai de 175 pieds (50 mètres) fut entreprise au début de décembre au moyen d'une lance à neige double Larchmont. La neige nécessaire à la construction du reste de la route d'essai fut empruntée à un lac voisin et transportée par camion sur l'emplacement de la route. La neige déversée par les camions à l'extrémité de la route fut tassée par un bulldozer D6. L'épaisseur de la neige variait d'un minimum de 1 pied (0,3 mètre) à un maximum de 3 pieds (1 mètre).

Le traitement et le nivelage de la route furent réalisés au moyen d'une charrue rotative tirée par un bulldozer D6, que suivait un second bulldozer D6 tirant un rabot tracté de nivellement. Ce processus fut achevé par quatre passages de la machine utilisée pour le traitement, suivis alternativement par des passages du rabot tracté de nivellement. Un bulldozer D6 tirant un rouleau vibrateur passa alors à deux reprises pour améliorer davantage le compactage.

La densité de la neige en cet endroit s'échelonnait de 38 livres par pied carré (0,61 grammes par centimètre cube), pour les 20 pieds (6 mètres) du milieu de la route, à 34 livres par pied carré (0,54 gramme par centimètre cube), près des bords. Les lectures de la sonde de battage, prises après un durcissement de la neige par vieillissement de 24 heures, étaient de 236, 525 et 580 pour, respectivement, les 4 pouces (10 centimètres) supérieurs, les 4 à 6 pouces (10 à 15 centimètres), et les 6 à 8 pouces (15 à 20 centimètres). Un durcissement additionnel par vieillissement de 72 heures a produit des lectures de 590, 620 et 685, pour les mêmes zones.

Un camion tandem GMC et une voiture touriste empruntèrent la route après seulement 15 heures de durcissement par vieillissement. Des faiblesses se manifestèrent au tournant de 90 degrés et au pied de la section en pente ascendante de la route, en cours d'essai. Les réparations furent effectuées en coiffant de glace ces sections plus faibles. L'eau fut appliquée au rythme de 0,37 gallons par pied carré (18 litres par mètre carré). L'essai de circulation fut alors repris au moyen du camion-citerne vide, 15 minutes après la dernière application d'eau, sans aucun dommage à la route.

Trois jours plus tard, les essais de circulation définitifs furent entrepris au moyen d'un tracteur Kenworth et d'une remorque tandem transportant 43 000 livres (19 500 kilogrammes) pour un poids brut du véhicule de 72 000 livres (32 500 kilogrammes). Les essais de circulation se poursuivirent au moyen de cet ensemble qui parcourait les deux circuits dans le sens des aiguilles d'une montre, puis dans le sens contraire. Les poids bruts des véhicules allèrent jusqu'à 78 000 livres (35 500 kilogrammes). Des réparations mineures furent faites à la route au moyen d'un mélange de neige, de sciures de bois et d'eau qui gelait sur place très rapidement et pouvait supporter les poids imposés par la circulation 15 minutes après son application. Cette étape de l'essai qui portait sur une route en bon état s'arrêta le 22 janvier.

L'essai de circulation printanière fut entrepris le 6 avril et se poursuivit de façon intermittente jusqu'au 6 mai, alors que la route devint impraticable pour la circulation des camions.

Voici quelques conclusions tirées de l'étude sur la route de neige d'Inuvik:

- la fabrication de toute la neige nécessaire à la construction générale d'une route est impossible; cette fabrication peut cependant combler les besoins pour la construction de petites portions du lit de la route, avant qu'il n'y ait eu accumulation de chutes de neige suffisantes.

- la neige empruntée à la surface des lacs est plus dense et se tasse mieux que la neige qui tombe d'elle-même.

- le traitement de la surface est essentiel pour la construction d'une surface uniforme et dure.

- les tournants et les pentes sont exposés à une usure excessive et exigent par conséquent d'être renforcés.

- les chaînes utilisées pour accroître la traction ne causent que peu de dommage à la surface d'une route de neige. Il est possible d'obtenir un matériau de rapiéçage satisfaisant pour les routes de neige en mélangeant des quantités égales de neige et de sciures de bois, saturées d'eau. Ce mélange gèle rapidement, semble être aussi solide ou même plus solide que la surface de neige initiale, et peut supporter la circulation à peine quelques minutes après sa pose.

TERRITOIRE DU YUKON

De 1955 à 1970, plusieurs routes d'hiver majeures ont été construites pour desservir les compagnies pétrolières et minières du plateau Peel et des plaines Eagle, dans le Nord du Yukon. La construction de la dernière route importante remonte à 1970, dans le but de desservir une concession minière du Sud-Ouest du Yukon. En 1976-1977, seulement 70 à 80 milles (110 à 130 kilomètres) de routes d'hiver ont été aménagées dans tout le Territoire.

Route de la rivière Wind

En 1959, une route d'hiver connue sous le nom de route de la rivière Wind fut construite à partir de la route Elsa-Keno à des emplacements de puits des plaines Eagle, soit sur une distance de 320 milles (520 kilomètres). Cette route servit à transporter 2 750 tonnes (2 500 tonnes métriques) de marchandise à la base de la rivière Bell de la Amerada Petroleum Corporation. La construction commença le 12 octobre et progressa en moyenne d'une distance de 3 à 4 milles (environ 6 kilomètres) par jour. La route fut construite au coût d'environ $1 000 le mille ($600 le kilomètre).

L'emplacement de la route fut déterminé à la suite d'une reconnaissance aérienne préliminaire, bien que la situation réelle au sol ait été fixée par l'opérateur d'un tracteur à chenilles à l'aide d'une carte et d'une boussole. La largeur de l'emprise défrichée était fonction de la quantité de matériaux nécessaires. Elle avait en moyenne environ 30 pieds (10 mètres) de large sur les sections de terrain plat et se rétrécissait à la stricte largeur minimale sur les flancs de collines et sur les pentes. Au moment du défrichage, la mousse et les broussailles de surface furent enlevées jusqu'au sol gelé par un bulldozer. La mousse et la neige recouvrant le terrain plat que la route suivait sur environ les deux tiers de sa longueur furent éparpillées sur le sol par des mouvements aller-retour des lames des bulldozers afin de combler le plus possible les dépressions. Avec un lourd rabot tracté, on prépara ensuite la surface finale. Le travail réalisé au moyen des lames des bulldozers et des rabots tractés se poursuivit tout au long de la période d'utilisation de la route dont la largeur moyenne était de 20 pieds (6 mètres) sur les terrains plats et de 14 pieds (4 mètres) sur les surfaces à flanc de collines. Aucun fossé ne fut construit.

Les petits ruisseaux et cours d'eau furent franchis en les remplissant de matériaux de surface, s'il en existait sur place, ou en plaçant des billes de bois en guise de poutres longitudinales surmontées de billes plus petites faisant office de tablier de pont, recouvertes à leur tour de neige et de mousse, comme revêtement final. Les rivières importantes étaient pour leur part traversées au moyen de ponts de glace renforcés de billes de bois.

Les camions servant au transport des marchandises étaient des semi-remorques Kenworth diesel avec ponts montés en tandem à 8 roues motrices. Ces camions ont une capacité de charge d'environ 20 tonnes (18 tonnes métriques). On espérait qu'ils fussent en mesure de maintenir une vitesse moyenne de 10 milles à l'heure (16 kilomètres à l'heure), lorsqu'ils

circuleraient chargés en direction du nord, et de 15 milles à l'heure (24 kilomètres à l'heure) lorsqu'ils descenderaient vides vers le sud. Le premier convoi fit le voyage aller-retour à une vitesse moyenne de 8 milles à l'heure (13 kilomètres à l'heure), une bonne partie de la route n'ayant pas été nivelée par les lames des bulldozers ou des rabots tractés, avant d'être utilisée par le convoi.

Avant 1972, les entrepreneurs pouvaient construire des routes d'hiver à leur discrétion. Depuis lors, la Section du maniement des biens fonciers, Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement du Nord, ministère des Affaires indiennes et du Nord, assure le contrôle de tous les aspects de la construction et de l'entretien des routes d'hiver. Ses inspecteurs sont chargés de l'approbation du choix de la route, des dates d'ouverture et de fermeture, et de l'inspection menée au cours de leur construction et de leur exploitation.

Les routes d'hiver au Yukon sont souvent victimes du problème suivant: la formation de glace sur les collines latérales, connue généralement sous le nom de "icings" (glaçages) et localement, sous le nom de "glaciering" (traînées de glacier). Les glaçages exigent habituellement un entretien constant et peuvent même entraîner un changement de tracé. Ce fut là une préoccupation importante au début de la construction de la route de l'Alaska.

Un entrepreneur du Nord de la Colombie-Britannique travaillant au Yukon a fait part de l'expérience suivante à l'égard des routes d'hiver en général. Son travail consiste principalement à construire des pistes d'exploration séismique et à réaliser des travaux d'ensemble pour les départements de production des compagnies pétrolières, tels le déplacement aller-retour de l'équipement de forage et la construction des cales de support utilisées pour le forage. La planification des routes a souvent pour origine la rencontre de représentants d'une compagnie pétrolière, d'un inspecteur de l'utilisation des terres et d'un entrepreneur se groupant pour esquisser sur la carte le croquis d'une route. Ils essaient, lorsque la chose est possible, d'utiliser les pistes d'exploration séismiques existantes, de s'en tenir aux secteurs marécageux des terres basses et humides, de maintenir les pentes à moins de 18 pour cent, d'éviter les lacs et les secteurs densément boisés.

On commence la construction en massant la végétation au moyen d'un véhicule à faible pression au sol ou d'un petit tracteur à chenilles. Parfois, cette opération a lieu même s'il n'y a pas encore de neige sur le sol gelé, bien que l'on préfère qu'il y en ait une certaine quantité. Une fois qu'il est tombé suffisamment de neige (6 à 8 pouces ou 15 à 20 centimètres), on procède à un léger nivellement au moyen d'un bulldozer, suivi d'un tassement à l'aide d'un rouleau rempli de pétrole de 16 pieds (5 mètres) de long et de 3 pieds (1 mètre) de diamètre. Le poids brut du rouleau est d'environ 6 000 livres (2 700 kilogrammes). Un rabot tracté tiré par un petit tracteur à chenilles est souvent utilisé, après le passage du rouleau, pour obtenir une surface lisse. Le coût d'une telle route est de $300 à $500 le mille ($200 à $300 le kilomètre) le long des anciennes pistes d'exploration séismique, mais ce montant est doublé si l'on utilise une nouvelle emprise de route.

Route d'hiver typique près de la rivière Peel, au Yukon. (Gulf Oil Limited)

Route empruntant une piste d'exploration séismique. Les secteurs les plus pâles se sont développés le long de ce tracé qui fait face au côté sud. (Gulf Oil Limited)

L'entretien consiste en l'enlèvement de la neige et en un passage, à l'occasion, d'une niveleuse automotrice. Les conducteurs des camions font part des sections endommagées. L'entretien coûte habituellement $100 le mille par mois ($70 le kilomètre par mois).

Le trafic sur les routes de transport est d'environ 400 chargements par emplacement de forage. Environ la moitié de ces chargements ont trait aux industries de service.

On abandonne les routes lorsque les endroits élevés présentent un aspect malpropre et que les camions commencent à s'enliser. Il est cependant possible de prolonger la période d'utilisation en rajoutant de la neige sur la route pour lui redonner sa couleur blanche. On abandonne normalement ces routes aux alentours du 1er avril, dans le Nord de la Colombie-Britannique et le Sud du Yukon. On en retire les ponts et ponceaux lors du dernier parcours et on construit des fossés en travers de la route pour éviter l'érosion.

Peu de problèmes liés à l'environnement surviennent si les personnes chargées de surveiller l'utilisation des terres s'acquittent bien de leur fonction. La participation avec les constructeurs donne d'ailleurs habituellement lieu a une collaboration. L'expérience a révélé que "si ces responsables vous causent des problèmes, c'est que vous vous les êtes attirés".

Les ponts de glace sont construits selon les procédés normaux, bien qu'il soit possible, lorsque la construction commence tôt à l'automne, de passer certains cours d'eau à gué. Normalement, 20 pouces (50 centimètres) de glace sont nécessaires avant que l'on puisse utiliser de l'équipement léger pour déblayer la neige. L'équipement plus lourd lui, requiert 24 pouces (60 centimètres) de glace. La neige est déblayée de façon à former des banquettes, qui seront utilisées pour retenir l'eau au cours de l'arrosage. On place des gradins de 2 pouces (5 centimètres) sur le pont de glace jusqu'à ce que l'on ait atteint 40 pouces (100 centimètres) de glace. Les approches sont construites au moyen de neige, qui est ensuite arrosée.

Pont de glace de Dawson

Chaque année, un pont de glace de 1 600 pieds (500 mètres) de long et de 200 pieds (60 mètres) de large est construit sur le fleuve Yukon, à la hauteur de Dawson. Ce pont peut normalement supporter un P.B.V. de 126 000 livres (57 000 kilogrammes). La construction et l'entretien de ce pont de glace tombe sous la compétence du Department of Highways and Public Works de l'administration du Territoire du Yukon. Le coût de la construction du pont, en 1976-1977, a été de $13 000.

Sa construction commence à la mi-novembre et est habituellement terminée au plus tard le 1er janvier. Quand la glace du fleuve est suffisamment épaisse pour supporter des hommes, le pont est balisé et, si la température s'y prête, on entreprend l'arrosage par la superposition de couches de glace de 1 ou 2 pouces (2,5 ou 5 centimètres). Les approches sont renforcées au moyen de bois pour relier la rive et la glace, lors des fluctuations du niveau de l'eau. On utilise un rabot tracté en acier et une niveleuse pour aplanir la glace et les approches raboteuses, après quoi, une tarière à glace de 6 pouces (15 centimètres) mue par un moteur à essence percera les trous destinés aux pompes de 2 pouces (5 centimètres) utilisées pour l'arrosage.

Territoire du Yukon

Résumé de la construction du pont de glace de Dawson, en 1976-1977

Date	Épaisseur de la glace (pouces)	P.B.V. (livres)	Commentaires
16 nov. 1976	1 1/2 (min.)		Balisage du passage
29 nov. 1976	12 (min.)	6 000	Glace très médiocre
10 déc. 1976	29 (min.) 38 (max.)	32 000	Glace médiocre
14 déc. 1976	36 (min.) 44 (max.)	56 000	
20 déc. 1976	42 (min.) 52 (max.)	96 000	
31 déc. 1976	49 (min.) 64 (max.)	126 000	
7 fév. 1976	63 (min.) 74 (max.)	126 000	

Nota: Multiplier le nombre de livres par 0,45 pour obtenir le nombre de kilogrammes.
Multiplier le nombre de pouces par 2,54 pour obtenir le nombre de centimètres.

Le pont est ouvert aux véhicules de 6 000 livres P.B.W. (2 700 kilogrammes), lorsque la glace a atteint une épaisseur de 12 pouces (30 centimètres). Le poids des véhicules au sol permis (P.B.W.) augmente alors en proportion de l'épaisseur de la glace.

Une fois que le pont est terminé, on vérifie de façon périodique l'épaisseur de la glace à tous les 25 pieds (7,5 mètres) sur toute la longueur du pont, pour en assurer la sécurité.

ALASKA

En Alaska, les industries minière et forestière utilisent beaucoup les routes d'hiver, mais c'est surtout par l'expérience acquise dans la construction des routes d'hiver destinées au pipeline, en Alaska, qu'une nouvelle dimension s'ajoute aux connaissances canadiennes en ce domaine. Jusqu'à maintenant, au Canada, on n'a tiré que des données limitées d'une expérience de simulation du trafic des routes d'hiver liées au pipeline sur la capacité de ces routes à protéger les terrains pergélisolés tels les sols à haute teneur en glace qui abondent sur les côtes du Yukon. En Alaska, une gamme étendue d'observateurs ont acquis une expérience valable sur le terrain lorsque, au cours de la construction de courtes sections de l'oléoduc Alyeska, ils ont utilisé des routes et des cales de support destinées au travail. Cette expérience pratique n'a pas de prix pour l'évaluation des projets de construction de pipelines, au Canada, au moyen de routes d'hiver.

Des activités d'envergure en matière de route d'hiver, après la découverte de pétrole à Prudhoe Bay, ont commencé avec la construction de la "route Hickel". Depuis ce moment-là, la technologie des routes d'hiver a progressé de façon marquée, grâce sans doute à la stimulation provoquée par les activités de l'industrie du pétrole et des pipelines. Le concept le plus nouveau en matière de construction de routes d'hiver -- la route formée d'agrégats de glace -- a été mis à l'essai à Fairbanks, au cours de l'hiver 1976-1977.

Route Hickel

A la fin de 1968, le Department of Highways de l'Alaska entreprit la tâche de construire une route d'hiver de 540 milles (870 kilomètres) empruntant la terre ferme, jusqu'au North Slope. Cette route est désignée localement par le nom de route Hickel.

Le lendemain de Noel, une équipe de 22 hommes prit la direction du Nord, à partir de Livengood (à 71 milles ou 110 kilomètres au nord de Fairbanks) en suivant une route qui devait relier Stevens Village et Bettles, traverser le col Anaktuvuk et prendre finalement la direction de Sagwon. L'équipe en question suivit une route qui n'exigeait que peu ou pas d'études de génie sur les sols ou de techniques de construction. A l'intérieur des terres où l'on trouve des mélèzes et des saules rabougris, les arbres furent renversés et repoussés sur le côté de la route au moyen de bulldozers, et les ravins furent franchis directement ou tout simplement contournés. La reconnaissance se fit au moyen d'un avion léger qui situait les secteurs dangereux et indiquait les détours nécessaires. On libéra la surface de la route en retirant au moyen de bulldozers la couverture morte jusqu'à ce que l'on ait atteint le niveau où le sol gelé offrait une base lisse permettant la circulation des véhicules. Par temps favorable, on construisait environ 2 milles (3,2 kilomètres) de route par jour. Une période particulièrement froide comportant des températures de -70°F (-57°C) arrêtèrent les travaux jusqu'à ce que le temps se soit "réchauffé" pour atteindre -55°F (-48°C), ce qui permit aux hommes et à l'équipement de reprendre le travail.

Il fallut construire des ponts de glace pour franchir le fleuve Yukon et la rivière Koyokuk. Plusieurs petits cours d'eau peu profonds furent franchis sans l'aide de ponts, et en certains endroits, la route suivait la surface gelée des cours d'eau. Aux croisées du fleuve Yukon, des broussailles, des billes de bois et de la glace disposés en couches furent alternées jusqu'à ce que la glace soit assez épaisse (environ 70 pouces ou 180 centimètres) pour supporter l'équipement de construction: trois bulldozers, plusieurs niveleuses et rabots tractés, et une cabane montée sur patins renfermant la cuisine. On fit des couches de 3 pouces (7,5 centimètres d'épaisseur, avec de l'eau provenant de trous percés dans la glace du fleuve, qui gelait en 8 heures, à une température de -20°F (-30°C).

C'est au nord de Bettles que l'on eut à faire face aux problèmes les plus sérieux, dans le canyon de la rivière John. Des essais répétés s'imposèrent avant que l'on ne puisse trouver une route passable. Les pentes atteignaient en certains endroits 20 à 24 pour cent. Dans la plaine arctique, une fois les montagnes franchies, le tracé et la progression de la route devinrent plus faciles, au point que la route toute entière fut achevée en 74 jours.

Le remplissage des nids de poule par le nivelage constituait l'entretien sans eau cependant. Les endroits mous de la route étaient tout simplement évités pour permettre la circulation le plus longtemps possible. La route fut fermée lorsque le pont construit sur le fleuve Yukon devint inutilisable.

Bien que construite pour être utilisée à nouveau chaque année, la route Hickel ne servit qu'en 1969. Au cours de sa courte existence, elle ne permit le transport que d'une faible portion (moins de 4 pour cent) du volume de marchandise normalement transporté par air à la North Slope. On mettait 50 heures pour parcourir cette route sur la terre ferme, (une moyenne de 10 milles ou 16 kilomètres à l'heure).

Le coût total de construction de la route s'éleva à $450 000, ou près de $1 000 le mille ($600 le kilomètre). On a estimé que sa réouverture l'année suivante aurait coûté $100 000 de moins. Le coût d'une route permanente, cependant, aurait été de $35 à $40 millions et il aurait fallu plusieurs années avant d'achever cette route.

Comme on pouvait s'y attendre, compte tenu de la description des méthodes de construction en terrain de pergélisol, la route Hickel est soumise à une érosion thermique importante sur au moins 5 à 10 pour cent de sa longueur. Lorsqu'on l'observe du haut des airs en été, on y détecte un affaissement considérable et beaucoup de marres d'eau. Étant donné ce qui se fait actuellement en Alaska, au niveau des terrains, les techniques de construction utilisées en 1968-1969 ne pourraient plus être utilisées aujourd'hui.

Routes d'hiver de l'Alaska utilisées pour la construction du pipeline

Avant que la route de transport principale destinée au pipeline ne soit achevée jusqu'à Prudhoe Bay, on se servait des routes d'hiver pour acheminer le transport vers le nord, à partir de l'extrémité nord de la baie. Bien que les emprises de certaines de ces routes soient visibles du haut des

airs, ces témoins ne sont pratiquement l'indice d'aucune érosion. S'il en est ainsi, c'est, dans une large part, parce que les constructeurs de routes du début des années 1970 se sont rendu compte que s'ils conservaient la couverture de surface, utilisaient de la neige pour remplir les dépressions, et évitaient d'enlever la partie supérieure des touffes de linaigrette, ils pouvaient construire sur la North Slope des routes d'hiver acceptables du point de vue de l'environnement.

L'expérience acquise en Alaska, dans la construction de pipelines, à partir directement de routes d'hiver repose sur deux projets de recherche et deux cas d'application dans le cadre de la construction du pipeline Alyeska. Le recours fréquent aux cales de support de neige pour la construction des canalisations destinées à acheminer le gaz aux stations de pompage du pipeline Alyeska s'est aussi avéré un succès.

Les premiers travaux de recherche en matière de routes d'hiver sur la North Slope furent reliés à l'installation de recherche du pipeline d'Arctic Gas, à Prudhoe Bay. En s'inspirant de la "Méthode par couches de Prudhoe Bay", on constitua des couches de neige de 2 po. (5 centimètres) d'épaisseur faites de neige soufflée par le vent et de neige granulaire, et on conserva tout excédent de neige existant au départ, pour former des couches subséquentes. On ajouta de l'eau à chaque couche, que l'on nivela au rabot tracté pour la rendre lisse. La route, une fois terminée, avait de 6 à 10 pouces (de 15 à 25 centimètres) d'épaisseur.

En 1977, on mit à l'essai, à Fairbanks, aux fins de recherche, des sections de route formées d'agrégats de glace, route qui est constituée de glace concassée prise à la surface d'étangs ou de lacs, transportée et déposée à l'emplacement désigné.

Le concept de la route en agrégats de glace est né à la suite de la critique de la suggestion d'Arctic Gas d'utiliser des routes de neige ou de glace pour traverser la North Slope. Là, il y a souvent un manque de neige et les étangs peu profonds gèlent complètement, ce qui limite l'eau nécessaire à la construction des routes de glace. Le concept de la route d'agrégats de glace s'adapte bien aux secteurs de la toundra du Nord. En effet, la carence même de neige pour la construction de routes de neige, permet au moins un gel plus rapide des étangs d'où l'on peut tirer l'agrégat nécessaire.

A l'emplacement d'essais de Fairbanks, une petite bêcheuse rotative adaptée aux besoins du travail et tirée par un tracteur était en mesure de concasser de 1 à 2 acres de glace par jour (1 250 à 2 500 mètres cubes). L'agrégat était alors chargé, puis transporté et déversé à l'emplacement d'essais. Quatre sections de routes formées d'agrégats de glace furent construites, chacune mesurant environ 100 pieds (30 mètres) de long. Leur épaisseur moyenne était d'environ 2 pieds (0,6 mètre), leur partie supérieure se situant entre 20 et 24 pieds (6 et 7 mètres). Une fois formées et nivelées, ces sections furent aspergées pour lier ensemble une épaisseur de 1 pied (30 centimètres), à la partie supérieure de l'agrégat de glace qui prenait peu de temps à geler et à se lier, en raison de la forte chute de température qu'il provoquait. On croyait en outre qu'une répartition étendue de la masse de l'agrégat de glace favorisait la stabilité; il n'y a pas de doute cependant que cette répartition multipliait les points de contact des particules gelées, augmentant par le fait même la solidité de la surface.

Les essais de circulation portèrent sur environ 1 000 passages de véhicules dont des camions tandem chargés, ce qui ne causa pourtant aucun dommage à la surface de la route. Nous ne connaissons pas encore cependant les effets des véhicules à chenilles sur un agrégat de glace.

D'autres recherches relatives aux routes d'hiver de la North Slope, en Alaska, combinèrent des études sur les clôtures à neige menées par Arctic Gas et des travaux sur la collecte de neige pour la construction des routes effectués par le Forest Service des États-Unis. Des clôtures à neige placées perpendiculairement et parallèlement aux vents dominants s'avérèrent pour la plupart efficaces pour emprisonner la neige, en particulier celles qui étaient placées perpendiculairement.

Lors de la réalisation du pipeline Alyeska, on eut recours à des routes de neige pour la construction de la ligne principale en au moins deux endroits: au ruisseau Little Globe et à l'est du camp Toolik.

Au ruisseau de Little Globe, des trous forés dans le sol, en 1972, indiquèrent la présence d'un excès de glace sur une profondeur de 4.5 à 14 pieds (1,4 à 4,3 mètres). Il était évident qu'un affaissement de la surface et une érosion thermique continue se produiraient si l'on ne prenait pas de mesures pour protéger l'environnement. Sur cinq solutions de rechange (détournement de la route, isolation de celle-ci, enlèvement du sol minéral pour la construction de la cale de support destinée au travail, tubes de chauffage, ou construction d'une cale de support destinée au travail en neige), on choisit la dernière. L'épaisse couche de mousse et d'isolation naturelle pouvait en effet être protégée par un remplissage au moyen de neige lâche permettant à la végétation de survivre; la surface dure nécessaire au travail serait pour sa part construite au-dessus.

La cale de support de travail finale du ruisseau Little Globe comportait en moyenne 3 pieds (1 mètre) de neige, sur une largeur de 65 pieds (20 mètres) et une longueur de 2 500 pieds (760 mètres). Cette longueur comportait une pente de 12 pour cent. Au moment de la construction, à l'hiver de 1975-1976, il n'existait que peu de neige naturelle dans le secteur et on prit la décision de fabriquer la neige nécessaire pour s'assurer d'avoir à sa disposition un matériau propre. Le sol minéral ou les matériaux organiques de couleur foncée ne pouvaient pas être utilisés du fait qu'ils finiraient pas faire surface, au printemps, et causer une fonte précoce.

Comme c'est souvent le cas pour les routes d'hiver, l'équipement disponible imposa la séquence adoptée pour la construction (mais non, dans ce cas, le type de route de neige). Le volume d'eau nécessaire (soit environ 1.3 million de gallons ou 6 millions de litres) ne pouvait être obtenu du ruisseau Little Globe ou d'un puits. Cette eau dut donc être transportée à partir d'un endroit situé à 32 milles (52 kilomètres) de là. Plutôt que de transporter l'eau elle-même, on décida de fabriquer la neige en cet endroit, puis de la transporter jusqu'à la cale de support de travail, étant donné le grand nombre de camions à benne disponibles, en comparaison de camions-citernes. En outre, les trois camions-citernes disponibles n'auraient pas pu approvisionner de façon continue le dispositif de fabrication de la neige, de sorte que le gel et la perte de l'état initial de la neige auraient constitué un problème.

Alaska

Construction de la canalisation d'acheminement du gaz d'Alyeska par l'emploi d'une cale de support de travail en neige. A noter l'oléoduc Alyeska de 48 pouces à droite, à l'arrière-plan. (Groupe consultatif mixte sur le poisson et la faune)

Excavatrice retirant la neige de la tranchée avant l'enfouissement de la canalisation d'acheminement du gaz, au sud de Prudhoe Bay. (K.M. Adam)

De plus, le dispositif de fabrication de la neige pouvait fonctionner 24 heures par jour alors que les camions n'assuraient le transport de la neige que selon un horaire réduit.

La neige fut transportée depuis son lieu d'origine, déversée à l'endroit de la cale de support de travail, et nivelée au moyen de bulldozer. On vaporisa de l'eau sur les 4 à 6 pouces (10 à 15 centimètres) supérieurs de neige de la cale de support pour obtenir une surface de travail rigide.

A l'endroit d'origine de l'eau, la neige était fabriquée au moyen de deux lances pour la combinaison de l'eau et de l'air, du type Quad Jet, exigeant 600 pieds cubes (17 mètres cubes) d'air et 125 à 150 gallons (560 à 675 litres) d'eau à la minute. Un compresseur à air de 1 200 pieds cubes (34 mètres cubes) à la minute et une pompe de 6 pouces (14 centimètres) assuraient l'approvisionnement en air et en eau. La neige était produite au rythme d'environ 50 pieds cubes (1,4 mètre cube) à la minute.

Le dispositif pour l'ensemble de l'opération comprenait 3 chargeuses à benne frontale, 30 camions à benne, 2 tracteurs à chenilles, une niveleuse, et divers véhicules de soutien. Après avoir stocké la neige à l'endroit d'origine, on procéda à la construction de la cale de support en 16 jours. La construction de cette courte section de cale de support de travail en neige nécessita plus de 9 000 heures-hommes, 30 000 milles parcourus par les camions chargés, et 1 200 heures d'utilisation de machines et de véhicules de soutien. Le coût fut probablement de l'ordre de $150 000 pour les 1 200 pieds (370 mètres) construits.

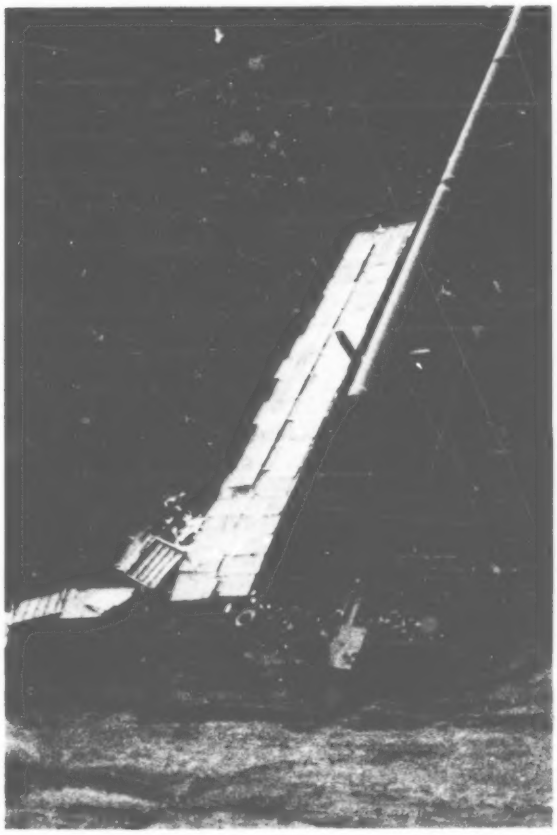
En 1975-1976, une seconde cale de support de travail fut utilisée pour assurer la construction d'une section du pipeline surélevée de 48 pouces (122 centimètres), à l'est du camp Toolik, entre les rivières Kuparuk et Sagavanirktok, sur une distance d'environ 5 milles (8 kilomètres). Le terrain à cet endroit était généralement plat et comportait des pentes et des inclinaisons minimales de moins de 10 pour cent.

Des clôtures à neige furent érigées le long des 5 milles (8 kilomètres) de la section d'emprise de route en question. De la neige fut ensuite rapidement déposée par le vent, ce qui permit de poursuivre la construction. Des tracteurs, des bulldozers, une patrouille motorisée traînant des rabots tractés, et une souffleuse furent utilisés pour étendre et tasser la neige sur une cale de support de travail de 50 pieds (15 mètres) de large. La construction fut terminée en deux semaines. La densité obtenue pour la cale de support, dont l'épaisseur allait de 12 à 18 pouces (30 à 45 centimètres), était de 38 livres au pied carré (0,60 gramme par centimètre cube). Cette cale de support fut en mesure de supporter efficacement l'équipement utilisé pour la construction du pipeline, au cours de l'installation des éléments verticaux et transversaux de soutien, de leur liaison, des opérations de soudure, et de la "mise en place" du pipeline.

Après la fonte de la cale de support de neige, le couvert de végétation sous-jacent ne révéla aucune perturbation. Malheureusement, à cause de la fonte printanière hâtive, il fallut reconstruire cette cale de support l'année suivante (1976-1977), pour l'achèvement de la construction.

On est actuellement en train de construire (1975-1976 et 1976-1977) la canalisation sous-terraine destinée à alimenter en gaz les quatre stations de pompage d'Alyeska situées le plus au nord, au moyen d'une cale de support de travail en neige adjacente à la route de transport permanente. La neige naturelle accumulée le long de la route de transport fut utilisée pour construire une banquette destinée à emprisonner une quantité supplémentaire de neige. La quantité requise de neige ayant ainsi été accumulée, 3 bulldozers, 2 rabots tractés, 2 patrouilles motorisées et 2 niveleuses tout-usage purent construire une cale de support en neige de 50 pieds (15 mètres), à un rythme de 1 mille (1,6 kilomètre) par jour. Environ 60 milles (100 kilomètres) de cale de support de travail en neige furent construits en 1975-1976 sur des pentes atteignant jusqu'à 20 pour cent et des pentes transversales atteignant jusqu'à 10 pour cent. Son utilisation fut interrompue le 1er mai 1976.

Les perturbations causées à la surface du sol par les travaux de construction à base de routes d'hiver ou de cales de support de travail en neige ont été minimales en Alaska. Le risque le plus grave réside dans la possibilité de dispersion des matériaux d'excavation et de leur intégration à la surface de la cale de support en neige. Cette situation cause en effet un problème lorsque devant l'impossibilité d'extraire du gravier gelé au moyen d'excavatrices conventionnelles il faille recourir au dynamitage; des débris s'éparpillent alors sur une superficie importante. Ces débris dispersés modifient le régime thermique de la surface, entraînant par le fait même un affaissement du sol et de l'érosion thermique dans les secteurs à haute teneur de glace.



Feuilles de contreplaqué reposant sur des pneus -- solution de rechange impraticable sur des routes d'hiver, pour la protection du terrain. Cette technique, qui fut essayée au cours de l'été, s'est avérée inefficace; il fut donc nécessaire d'achever cette section du pipeline Alyeska l'hiver suivant, au moyen de cales de support de travail en neige. (Groupe consultatif mixte sur le poisson et la faune)

COMMENTAIRES SUR LES ENTREVUES

Les normes de l'environnement relatives aux régions de pergélisol ont été améliorées de façon substantielle au Canada et en Alaska, au cours des seize dernières années (1962-1977). Alors qu'auparavant on avait l'habitude de construire les routes d'hiver et les pistes d'exploration séismiques situées dans les région de pergélisol sans trop se soucier des perturbations éventuelles à la surface du sol, cette pratique est maintenant, pour l'essentiel, éliminée. Les normes de l'environnement relatives aux régions ne comportant pas de pergélisol n'ont cependant pas été améliorées. En fait, il nous est apparu, au cours de nos entrevues, que les perturbations causées aux terrains sont tolérées beaucoup plus facilement, actuellement dans les régions non pergélisolées que dans les régions de pergélisol. Or, il me semble que l'on devrait relever les normes de l'environnement relatives aux régions exemptes de pergélisol à des niveaux équivalant davantage à ceux des régions de pergélisol. Cela ne veut pas dire que l'on ne peut pas briser la surface du terrain, dans les régions exemptes de pergélisol, au cours de la construction de routes d'hiver ou de pistes d'exploration séismiques. Cette opinion souligne simplement le fait que, pour le moment, on pourrait laisser les routes d'hiver et les pistes d'exploration séismiques des régions exemptes de pergélisol dans un bien meilleur état (du point de vue esthétique, en particulier) De l'aveu général, le traitement de la surface au moyen des lames des bulldozers et de rabots tractés est généralement accepté dans les régions non pergélisolées, ce qui a pour résultat que les routes d'hiver et les pistes d'exploration séismiques présenteront toujours un aspect plus délabré dans ces régions que dans les régions de pergélisol, où ces traitements ne sont pas acceptés.

Le juste niveau de protection du terrain dans les secteurs de pergélisol et les secteurs qui en sont exempts est difficile à établir. Plusieurs personnes avec qui nous nous sommes entretenu ont mentionné la nécessité de définir plus clairement "les perturbations acceptables au niveau du terrain", tant pour les zones de pergélisol que pour celles qui en sont exemptes. Peut-être même une conférence visant à traiter de ce problème serait-elle de mise.

J'ai l'impression, somme toute, que les constructeurs de routes d'hiver canadiens ne font pas actuellement un usage plein et entier de la technologie des routes d'hiver élaborée à travers le monde entier. Dans certains cas, évidemment, les techniques plus élaborées ne sont pas justifiées soit pour des raisons de coût ou de protection du terrain. Lorsque cependant, de telles techniques s'avèrent justifiées, on n'utilise pas toujours les bons moyens pour obtenir la meilleure route possible, pour une somme d'argent donnée.

On a retiré une expérience valable, en Alaska, de l'utilisation des routes d'hiver et des cales de support en neige, lors de la construction du pipeline. Cette expérience devrait s'avérer d'une valeur incalculable pour les projets de pipelines futurs dans le Nord canadien.

L'expérience acquise en Alaska indique qu'il est possible de construire des routes faites de neige naturelle ou artificielle pour protéger le terrain, au cours de la construction du pipeline. Ce facteur a été démontré, lors de

la construction du pipeline d'Alyeska, lorsque l'on procéda à la construction de deux courtes sections de l'oléoduc de 48 pouces (122 centimètres) au moyen de routes de neige, et lorsque l'on enfouit directement plusieurs milles des canalisations d'acheminement de gaz vers des stations de pompage en faisant appel à des cales de support de travail en neige.

L'un des aspects intéressants de l'utilisation des routes de neige pour la construction du pipeline de 48 pouces (122 centimètres) est que l'on a choisi ces routes pour des régions où les sols ont une teneur très élevée en glace. Elles ont été efficaces, bien qu'elles n'aient pas excédé en longueur continue une distance de 4milles (6 kilomètres) consécutifs; en outre, dans certains cas où la neige dut être fabriquée, elles s'avérèrent très coûteuses.

Cependant, la question est de savoir, non pas si les routes d'hiver peuvent protéger le terrain, mais si elles peuvent être construites assez vite le long de sections complètes de pipelines pour permettre la construction du pipeline lui-même, au cours des mois les plus froids de l'hiver. Pour le moment, la réponse à cette question semble être négative. Le consensus en Alaska, selon moi, est que les routes d'hiver sont trop longues à construire, gaspillant un temps précieux qui pourrait être consacré à la construction du pipeline, qui avance elle-même à un rythme plutôt lent au cours des mois d'hiver. Le rythme de construction, dans le cas du pipeline Alyeska, par exemple, était souvent de moins d'un demi-mille (près d'un kilomètre) par jour, même pour les mois d'hiver relativement chauds d'octobre, novembre, avril et mai. Au cours des mois extrêmement froids du milieu de l'hiver, comportant des températures sans vent, ou des températures équivalentes à cause du facteur vent, de moins de -35°F(-37°C), la productivité des ouvriers tombe de façon marquée à peut-être le quart ou moins de leur capacité normale, et la manoeuvre de l'équipement lourd devient alors plus difficile.

Si les techniques de construction des pipelines se développent au point où les taux de progression sont de trois quarts de mille à un mille et demi (environ un à deux kilomètres et demi) de pipeline par jour, les routes d'hiver utilisées devront être construites à des rythmes comparables, si l'on veut qu'elles aillent de pair avec le pipeline.

Je suis fermement convaincu que des rythmes de construction plus rapides de routes d'hiver deviendront possibles grâce à l'élaboration d'un équipement spécialisé de construction de routes. Un tel équipement pourrait prendre la forme d'un véhicule à faible pression au sol transportant une machine sensiblement analogue à une paveuse qui pourrait ingérer la neige naturelle, empruntée ou fabriquée, la traiter, la disposer et la tasser selon un processus continu.

Bien que le consensus, en Alaska, soit que les routes de neige n'ont qu'une utilisation limitée sur l'étendue totale des pipelines du Nord, je crois que ce consensus changera au fur et à mesure de l'amélioration de la construction, dans un milieu froid, et des pipelines et des routes d'hiver.

BIBLIOGRAPHIE

Ager, B. 1964. Some tests on the compactibility and hardness after compaction of some different types of snow. Journal of Glaciology. Cambridge, England.

Assur, A. 1961. Traffic over frozen or crusted surfaces. Proceedings 1st International Conf. Mech. Soil Vehicle Systems. Torino, Saint Vincent.

Clark, E.F., G. Abele, and A.F. Wuori. 1973. Expedient snow airstrip construction technique. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Research Report. Hanover, New Hampshire.

Eyre, D. and L. Hesterman. 1976. Report on an ice crossing at Riverhurst during the winter of 1974-75. Saskatchewan Research Council, Report No. E76-9. Regina.

Geological Survey of Canada and Division of Building Research. 1967. Permafrost in Canada. National Research Council Publication No. NRC 9769. Ottawa.

Gold, L.W. 1960. Field study on the load bearing capacity of ice covers. National Research Council of Canada. Division of Building Research, Technical Paper No. 98. Ottawa.

Gold, L.W. 1971. Use of ice covers for transportation. Canadian Geotechnical Journal 8(2).

Hansen, R. and K. Linell. 1956. Strength and uses of fresh and salt water ice. Technical Assistant to Chief of Naval Operations for Polar Projects, PO3-16.

Iglauer, E. 1975. Denison's ice road. E.P. Dutton and Co., Inc. New York.

Rowe, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Can. Forest Service. Publication No. 1300. Ottawa.

Tuer, W.R. and J.D. MacMillan. 1974. Design, construction and performance of the Wollaston Lake Development Road in Northern Saskatchewan 1969-73. Annual Conference of Roads and Transportation of Canada. Toronto.

U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. 1961. Snow compaction equipment, snow rollers. Technical Report 107. Port Hueneme, California.

AUTRES LECTURES

Abele, G. 1964. Some properties of sawdust-snow-ice mixtures. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Special Report 60. Hanover, New Hampshire.

Abele, G., R.O. Ramseier and A.F. Wuori. 1968. Design criteria for snow runways. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Technical Report 212. Hanover, New Hampshire.

Abele, G. and A.J. Gow. 1975. Compressibility characteristics of undisturbed snow. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Research Report 336. Hanover, New Hampshire.

Adam, K.M. 1972. Winter road study. Environment Protection Board, Winnipeg, Manitoba.

Adam, K.M. 1973. Norman Wells winter road research study. Interdisciplinary Systems Ltd., Winnipeg, Manitoba.

Adam, K.M. and T.M. Wilson. 1975. The inter-relationships of water application rate, ambient temperature, snow road properties and ice-cap depths during the construciton of winter roads. Department of Civil Engineering, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.

Adam, K.M. and Helios Hernandez. 1977. Snow and ice roads. Arctic 30(1).

Ager, B.H. 1959. The compacted snow road III: Climatic considerations. National Research Council of Canada. Technical Translation 816. Ottawa, Ontario.

Ager, B.H. 1960. Compacted snow as a transport substratum. National Research Council of Canada. Technical Translation 865. Ottawa, Ontario.

Ager, B.H. 1960. Snow road preparation in Scandinavia. National Research Council of Canada. Assoc. Committee on Soil and Snow Mechanics. Technical Memorandum 64. Ottawa, Ontario.

Ager, B.H. 1961. Snow roads and ice landings. Canada. National Research Council, Division of Building Research. Technical Paper 127. Ottawa, Ontario.

Antonoff, G. 1943. Types of winter roads. The Directorate of Military Intelligence, AHG, Ottawa.

Atkinson, C.C. 1942. A review of winter truck road construction and maintenance. Canadian Pulp and Paper Association.

Autres lectures

Bader, H. 1962. The physics and mechanics of snow as a material. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Research Report. Hanover, New Hampshire.

Bellamy, D., J. Radforth, and N.W. Radforth. 1971. Terrain, traffic and tundra. Nature 231(5303).

Bennet, F.L. 1969. A systems approach to Alaskan transportation. The Northern Engineer 1(3).

Benson, C.S. and D.C. Trabant. 1973. Field measurements on the flux of water vapour through dry snow. The Role of Snow and Ice in Hydrology Symposium, Vol. 1, 291-298, UNESCO-WMO-IAHS.

Bilello, M.A. 1963. Method of predicting river and lake ice formation. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory (or Journal of Applied Meteorology, Vol. 3, 1963).

Bliss, L.C. and R.W. Wein. 1972. Botanical studies of natural and man modified habitats in the eastern Mackenzie Delta Region and the Arctic Islands. ALUR, 71-72-14, Indian and Northern Affairs. Ottawa, Ontario.

Bliss, L.C. and R.W. Wein. 1972. Plant community responses to disturbances in the western Canadian Arctic. Canadian Journal of Botany, Vol. 50.

Brown, R.J.E. 1968. Occurrence of permafrost in Canadian peatlands. Proceedings of 3rd International Peat Conference. Quebec.

Burdick, J.L. Editor. 1971. Symposium on cold regions engineering, Alaska Section at the ASCE and U of Alaska, Vols. I and II. University of Alaska.

Butkovich, T.R. 1956. Strength studies of high density snow. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Research Paper 18. Wilmette, Illinois.

Butkovich, T.R. 1958. Recommended standards for small-scale ice strength tests. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Technical Report 57. Wilmette, Illinois.

Buvert, V.V. 1951. Snow and ice as materials for road construction. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Translation 54. Wilmette, Illinois.

Autres lectures

Camm, J.B. 1960. Snow compaction equipment - Snow drags, Y-F105-11-078. Type C. Final report. U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. Technical Report 109. Port Hueneme, California.

Camm, J.B. 1961. Snow compaction equipment - Snow Rollers. Y-5015-11-076. Type C. Final report. U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. Technical Report 107. Port Hueneme, California.

Canadian Petroleum. 1971. Transportation 12(6).

Carson, P.J. 1955. Ice bridges. Royal Engineers Journal 49(2).

Carson, P.J. 1958. Ice bridges. Polar Record 9(58).

Chow, V.T. 1964. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill, Toronto.

Colbeck, S.C. 1971. One dimensional water flow through snow. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Research Report 296. Hanover, New Hampshire.

Colbeck, S.C. 1973. Effects of stratigraphic layers on water flow through snow. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Research Report 311. Hanover, New Hampshire.

Colbeck, S.C. 1973. Theory of metamorphism of wet snow. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Research Report 313. Hanover, New Hampshire.

Colbeck, S.C. 1974. The capillary effects on water percolation in homogeneous snow. Journal of Glaciology 13(67):85 .

Colbeck, S.C. 1974. Water flow through snow overlying an impermeable boundary. Water Resources Research 10(1).

Colbeck, S.C. 1975. Analysis of hydrologic response to rain-on-snow. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Research Report 340. Hanover, New Hampshire.

Colbeck, S.C. 1975. A theory for water flow through a layered snowpack. Water Resources Research 11(2).

Crawford, C.B. and G.H. Johnston. 1971. Construction on permafrost. National Research Council of Canada, Division of Building Research. Technical Paper 337. Ottawa, Ontario.

Davis, A.E. 1961. Road construction for forestry practice in Northern Ontario. Proceedings of the Seventh Muskeg Research Conference. National Research Council of Canada. Ottawa, Ontario.

Department of the Army, U.S. 1962. Arctic construction. Department of the Army Technical Manual TMS-349.

Autres lectures

deQuervain, M.R. 1973. Snow structure, heat, and mass flux through snow. The Role of Snow and Ice in Hydrology Symposium, Vol. 1, 203-223, UNESCO-WMO-IAHS.

Diamond, M. 1956. Studies on vehicular trafficability of snow (Part 1). Arctic Institute of North America.

Duff, C.H. 1958. Ice landings. Canadian Pulp and Paper Association. Conference on the Bearing Strength of Ice. National Research Council of Canada, Division of Building Research. Ottawa, Ontario.

Dunne, C.V. 1959. Road building in the North. Engineering and Contract Record 72(11).

Easton, R. 1964. Navy snow-compaction equipment. Military Engineer 56(372).

Engineering News Records. 1969. Arctic roadbuilders open up North Slope 182(17).

Eriksson, R. 1955. Friction of runners on snow and ice. Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. U.S. Army Corps of Engineers. Translation 44. Wilmette, Illinois.

Eriksson, R. 1959. The compacted snow road I: Properties of snow. National Research Council of Canada, Division of Building Research. Translation 55. Ottawa, Ontario.

Eyre, D. and L. Hesterman. 1976. Report on an ice crossing of Riverhurst during the winter of 1974-75. Saskatchewan Research Council, E76–9. Regina, Saskatchewan.

Frost, R.E. and O.W. Mintzer. 1950. Influence of topographic position in airphoto identification of permafrost. Highway Research Board Bulletin No. 28.

Gerdel, R.W., W.H. Parrott, M. Diamond and K.J. Walsh. 1954. Some factors affecting vehicular trafficability of snow. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Research Paper 10. Wilmette, Illinois.

Glennbird, S.J., I.M. Hale, and R.E.D. McCuaig. 1971. Investigation priorities related to terrain aspects for permafrost regions in Canada. Department of Civil Engineering, University of Toronto.

Gold, L.W. 1956. The strength of snow in compression. Journal of Glaciology 2(20).

Gold, L.W. 1960. Field study on the load bearing capacity of ice covers. National Research Council of Canada. Division of Building Research. Technical Paper No. 98. Ottawa, Ontario.

Autres lectures

Gold, L.W. 1970. Process of failure in ice. Canadian Geotechnical Journal 7(4).

Gold, L.W. 1971. Use of ice covers for transportation. Canadian Geotechnical Journal 9(2).

Hansen, R. and K. Linell. 1956. Strength and uses of fresh and salt water ice. Technical Assistant to Chief of Naval Operations for Polar Projects, PO 3-16.

Hansen, Robert W. 1963. Snow transport equipment: Peter Junior Snow Miller tests. U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. Technical Note N-547. Fort Hueneme, California.

Havers, J.A. and R.M. Morgan. 1972. Literature survey of cold weather construction practices, special report 1972. Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Hanover, New Hamsphire.

Indian Affairs and Northern Development. 1968. A program of Roads Development for the Yukon and N.W.T. Prepared by Development Branch. Ottawa, Ontario.

Joint Intelligence Bureau. 1961. Winter roads for timber hauling in the Baie Comeau area of Quebec. Ottawa, Ontario.

Kachurin, S.P. 1964. Cryogenic Physico-Geological Phenomena in permafrost regions. National Research Council. Report No. TT1157. Ottawa, Ontario.

Kaplar, Chester W. 1971. Some strength properties of frozen soil and effect of loading rate. U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Special Report 159. Hanover, New Hampshire.

Kerfoot, P.E. 1972. Tundra disturbance studies of the Western Canadian Arctic. ALUR 71-72-11, Indian and Northern Affairs. Ottawa, Ontario.

Kevan, P.G. 1971. Vehicle tracks on high arctic tundra: an 11-year case history around Hazen Camp, Ellesmere Island, N.W.T. Defence Research Board. Ottawa, Ontario.

Keyes, D.E. 1971. Arctic and sub-arctic road construction techniques. Symposium on Cold Regions Engineering, Alaska section of ASCE and U. of Alaska. Vol. I. University of Alaska.

Kingery, W.D. 1960. Applied glaciology, the utilization of ice and snow in Arctic operations. Journal of Glaciology 3(27).

Kingery, W.D. 1962. Ice and snow. Proceedings of Conference, MIT. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

Autres lectures

Knight, S.J. 1964. Trafficability of snow and muskeg. U.S. Arctic Aeromedical Laboratory TDR 64-28.

Korunov, M.M. 1960. Load-carrying capacity of ice for timber transport. National Research Council of Canada, TT-863. Ottawa, Ontario.

Kovacs, A. and R.O. Ramseier. 1968. Effect of solar radiation on processed snow in engineering construction. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Technical Report 213. Hanover, New Hampshire.

Kuriowa, D. 1968. Liquid permeability of snow. Low Temperature Science, Ser. A, Vol. 26.

Lachenbruch, A.H. 1970. Some estimates of the thermal effects of a heated pipeline in permafrost. Geological Survey Circular 632, U.S. Dept. of the Interior. Washington.

Laliberté, M. and L.M. Lefebvre. 1975. Chemins d'hiver à la Baie James. Engineering Journal 58(1).

Lambert, J.D.H. 1972. Botanical changes resulting from seismic and drilling observations, Mackenzie Delta area. ALUR 71-72-12, Indian and Northern Affairs. Ottawa, Ontario.

Landauer, J.K. and F. Royse. 1956. Energy of snow compaction and its relation to trafficability. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice, and Permafrost Research Establishment. Research Paper 14. Wilmette, Illinois.

Leijonhufvd, A.C. 1960. The compacted snow road III: Field tests and practical applications. National Research Council of Canada. Technical translation 909. Ottawa, Ontario.

Linell, K.A. 1951. Use of ice as a load-supporting surface. U.S. Army, Corps of Engineers. Boston.

Linell, K.A. and C.W. Kaplan. Description and classification of frozen soils. U.S. Army, Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Hanover, New Hampshire.

Lotspeich, F.B. 1971. Impact of road construction on water quality management in Alaska. Symposium on Cold Regions Engineering, Alaska Section of ASCE and U. of Alaska, Vol. II. University of Alaska.

Luikov, A.V. 1966. Heat and mass transfer in capillary-porous bodies. Pergamon Press Ltd. London.

Autres lectures

MacKay, J.R. 1963. The Mackenzie Delta area, N.W.T. Canada Department of Mines and Technical Surveys, Geography Branch. Ottawa, Ontario.

MacKay, J.R. 1971. Freeze-up and break-up of the lower Mackenzie River, Northwest Territories. Reprint from Geology of the Arctic. University of Toronto Press.

Male, D.H., D.I. Norum and R.W. Besant. 1973. A dimensional analysis of heat and mass transfer in a snowpack. The Role of Snow and Ice in Hydrology Symposium, Vol. 1, 258-290, UNESCO-WMO-IAHS.

Martinelli, M. Jr. 1971. Physical properties of alpine snow as related to weather and avalanche conditions. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Research Paper RM-64.

McPhail, J.F., W.B. McMullen and A.W. Murfitt. 1976. Yukon River to Prudhoe Bay Highway -- lessons in arctic design and construction. Civil Engineering, ASCE.

Mellor, M. 1963. Polar snow -- a summary of engineering properties, ice and snow. Chapter 36, Proceeding of Conference, MIT. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

Mellor, M. 1963. Oversnow transport. U.S. Army, Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Cold Regions Science and Engineering. Hanover, New Hampshire.

Meneley, W.A. 1974. Blackstrap Lake ice cover parking lot. Canadian Geotechnical Journal 11(4).

Michel, B. and Ramseier, R.O. 1971. Classification of river and lake ice. Canadian Geotechnical Journal 8(1).

Michel, B., M. Drouin, L.M. Lefevbre, P. Rosenburg, and R. Murray. 1974. Ice bridges of the James Bay Project. Canadian Geotechnical Journal 11(4).

Mollard, J.D. and J.A. Philainen. 1963. Airphoto interpretation applied to road selection in the Arctic. Permafrost International Conference. Lafayette, Indiana, National Academy of Sciences, National Research Council. Washington, D.C.

Moser, E.H. 1962. Navy cold-processing snow-compaction techniques. Chapter 34, Ice and Snow. Proceedings of Conference, MIT. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

Moser, E.H. and S.E. Gifford. 1962. Snow compaction equipment -- vibratory finishers. U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. Fort Hueneme, California.

Autres lectures

Moser, E.H. and N.S. Stehle. 1963. Compacted snow characteristics, test devices and procedures. Alaska Science Conference 1963.

Moser, E.H. Jr. 1971. Roads on snow and ice. Symposium on Cold Regions Engineering, Alaska Section of ASCE and U. of Alaska, Vol. I. University of Alaska.

Muller, F. 1970. Snowpack metamorphism. Inlands Waters Branch. Department of Fisheries and Forestry. Ottawa, Ontario.

National Research Council of Canada. 1954. The international classification for snow. The Commission on Snow and Ice of the International Association of Hydrology. National Research Council of Canada. Technical Memorandum No. 31. Ottawa, Ontario.

National Research Council of Canada. 1958. The bearing strength of ice. Associate Committee on Soil and Snow Mechanics, National Research Council of Canada. Technical Memorandum No. 55. Ottawa, Ontario.

Niedringhaus, L. 1965. Study of the rammsonde for use in hard snow. Cold Regions Research Engineering Laboratory. Hanover, New Hampshire.

The Northern Engineer. 1969. A winter road. Northern Engineer 1(3).

Northern Engineering Services Ltd. 1974. Inuvik snow road construction. Testing and Environmental Assessment 1973-74. Calgary, Alberta.

Nuttall, C.J. Jr. and J.G. Thomson. 1958. A study of some phases of the snow/vehicle interaction. Defence Research Board. Report No. DR126. Ottawa, Ontario.

Pallister, C.P. 1967. The Denison Trail. Royal Canadian Mounted Police Quarterly 33 (2).

Pounder, E.R. 1965. This physics of ice. Pergaman Press.

Putkisto, Kalle. 1957. Snow as a road-building material. National Research Council of Canada. Technical translation 822. Ottawa, Ontario.

Radforth, N.W. and I.C. MacFarlane. 1957. Correlation of paloeobotanical and engineering studies of muskeg (peat) in Canada. Proceedings of the Fourth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. London.

Radforth, N.W. and J.M. Evel. 1959. Mobility on the muskeg frontiers. The Engineering Journal.

Radforth, N.W. 1961. Land factors and vehicle design in operations on organi terrain. Proceedings of First International Conference on the Mechanic of Soil-Vehicle Systems. Torino, Saint Vincent.

Autres lectures

Radforth, N.W. 1967. Environmental and structural differentials in peatland development. The Geophysical Society of America, Inc., Special Paper 114.

Rempel, G. 1969. Arctic terrain and oil field development. Conference on Productivity and Conservation in Northern Circumpolar Lands. Edmonton, Alberta.

Rose, L.B. and C.R. Silversides. 1958. The preparation of ice landings by pulp and paper companies in eastern Canada. Conference on Bearing Capacity of Ice. National Research Council, Division of Building Research. Ottawa, Ontario.

Rothlisberger, H. 1963. Strength tests of ice on Lake Zurich during "Seegfrorni". National Research Council of Canada. Report No. TT1422. Ottawa, Ontario.

Siddall, J.N. and P.H. Southwell. 1966. Proceedings of Second International Conference on Terrain Vehicle Systems. University of Toronto Press.

Silverside, C.R. 1959. The application of recent studies on ice to logging operations in eastern Canada. Canadian Pulp and Paper Association, Woods Operating General Session.

Small, F. 1953. Snow characteristics as related to trafficability testing on the northwestern part of Greenland ice cap. Report of Project SIA53-1. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Wilmette, Illinois.

Sommerfeld, R.A. 1969. Classification outline for snow in the ground. USDA Forest Service Research Paper. RM 48. Fort Collins, Colorado.

Stevens, H.W. and W.J. Tizzard. 1969. Traffic tests on Portage Lake ice. Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Technical Report 99. Hanover, New Hampshire.

Taylor, Major Andrew. 1953. Snow compaction. Sipre Report 13. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Wilmette, Illinois.

Territorial Land Use Regulations. 1972. Department of Indian Affairs and Northern Development. Ottawa, Ontario.

Thomas, M.W. and K.D. Vaudrey. 1973. Snow road construction technique by layered compaction of snowblower processed snow. Naval Civil Engineering Laboratory. Technical Note N-1305. Port Hueneme, California.

Thompson, H.A. 1963. Air temperatures in northern Canada with emphasis on freezing and thawing indexes. International Conference on Permafrost 1963.

Autres lectures

Transport Canada. 1975. Recommended minimum ice thickness for limited operation of aircraft. Ottawa, Ontario.

U.S. Army, Corps of Engineers. 1949. Investigation of compaction methods conducted for engineer research and development laboratories. New England Division. Boston, Massachusetts.

U.S. Army, Corps of Engineers. 1951. Second Sipre snow compaction conference, May 24-25, A51. U.S. Army Corps of Engineers, Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Sipre Report 3. St. Paul, Minnesota.

U.S. Army, Corps of Engineers. 1951. Review of the properties of snow and ice. Sipre Report 4, University of Minnesota.

U.S. Army, Corps of Engineers. 1951. Preliminary investigations of some physical properties of snow. Sipre Report 7. University of Minnesota.

U.S. Canadian Joint Snow Compaction Trials. 1953. Report on snow compaction trials, winter, 1952-53. Available through DRB/BSIS Doc. Section, 125 Elgin Street, Ottawa, Ontario K1A 0Z3

U.S. Department of the Interior. 1976. Proceedings of the surface protection seminor. Bureau of Land Management, Alaska State Office. Anchorage, Alaska.

U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. 1961. Snow compaction equipment, snow rollers. Technical Report 107. Port Hueneme, California.

U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. 1962. Snow compaction equipment, sprayers and dusters. Technical Report R111. Port Hueneme, California.

U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. 1972. Snow road construction and maintenance manual. Port Hueneme, California.

U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. 1975. Snow road construction by layered compaction -- Construction and maintenance guide. Technical Report R819. Port Hueneme, California.

U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. 1975. Snow-road construction -- A summary of technology from past to present. Technical Report R831. Port Hueneme, California.

U.S. Navy. 1955. Arctic Engineering. Technical publication NavDocks TP-PW-11. Department of the Navy, Bureau of Yards and Docks. Washington.

Veda, H., P. Sellmann and G. Abele. 1975. USA CRREL Snow and ice testing equipment. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Special Report 146. Hanover, New Hampshire.

Autres lectures

Waterhouse, R. 1966. Re-evaluation of the rammsonde hardness equation. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Special Report 100. Hanover, New Hampshire.

Williams, G.P. 1968. Freeze-up and break-up of fresh water lakes. Assoc. Committee on Geotechnical Research. National Research Council of Canada. Technical Memorandum No. 92.

Wonders, W.C. 1964. Roads and winter roads in the Mackenzie Valley area. Canadian Association of Geographers. Occasional papers in geography 1964, No. 3.

Wuori, A.F. 1963. Snow stabilization for roads and runways. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory. Technical Report 83. Hanover, New Hampshire.

ANNEXE 1

CARTES

Annexe 1: Cartes

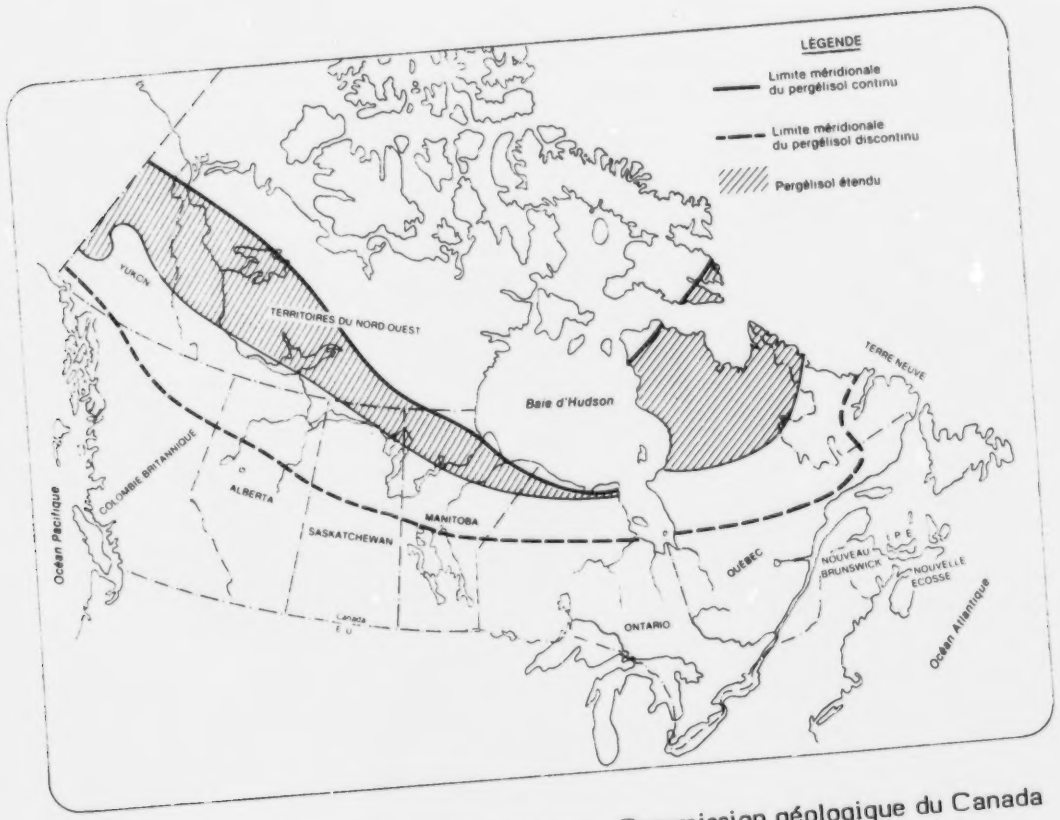


Fig. 1. Pergélisol au Canada. (Source: Commission géologique du Canada et Division des recherches sur le bâtiment, 1967)

Annexe 1: Cartes

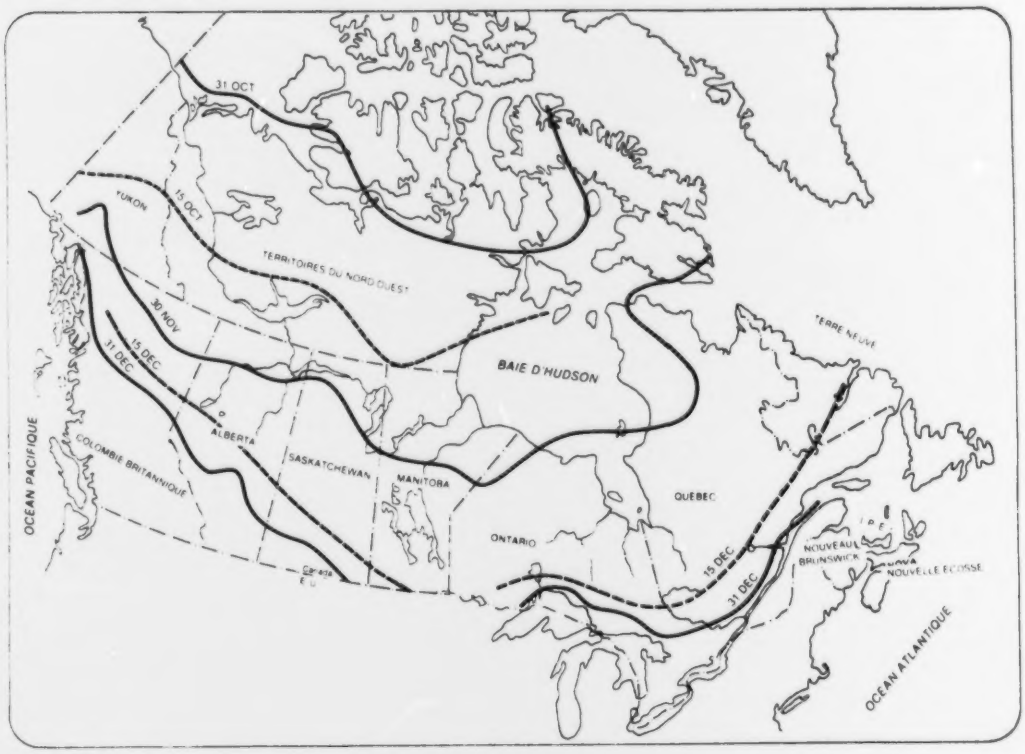


Fig. 2. Date moyenne de l'accumulation médiane de 550°F (306°C) de degrés-jours de gel (degrés-jours sous 32°F ou 0°C).

Remarques:

Un degré-jour se définit comme un degré de déviation, au cours d'une seule journée, de la température médiane quotidienne, d'une température normale donnée. Pour une température normale donnée de 32°F, un seul jour d'une température médiane de 27°F sera enregistré comme 5 degrés-jours de gel, et un seul jour d'une température médiane de 37°F sera enregistré comme 5 degrés-jours de fonte.

Annexe 1: Cartes

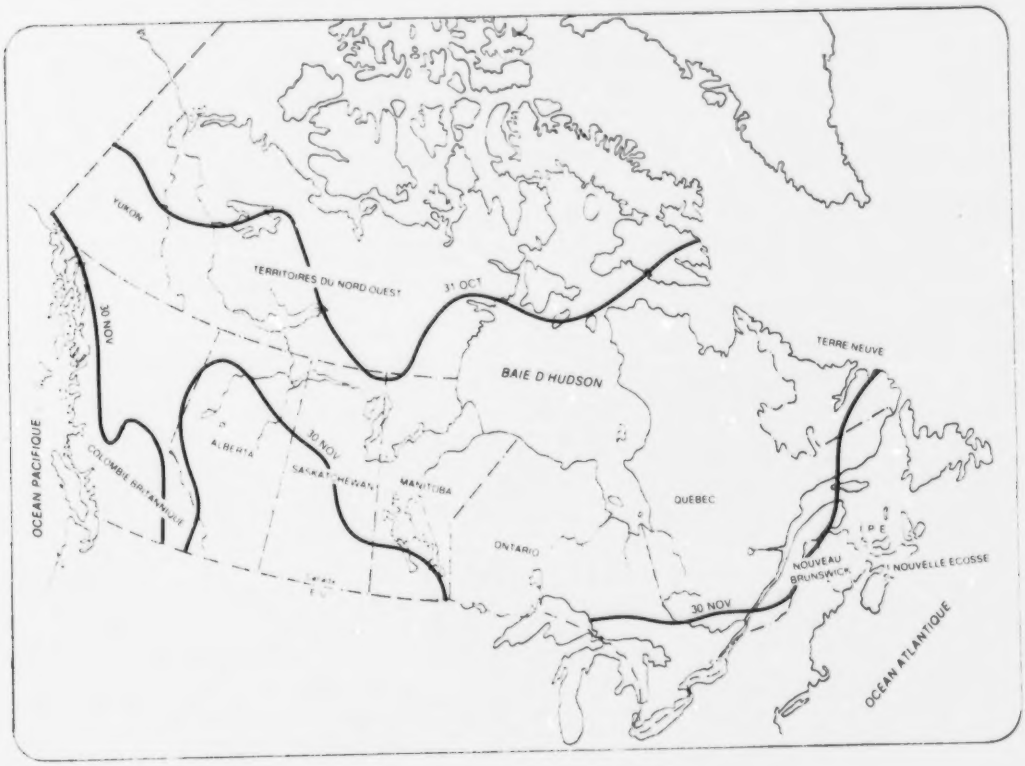


Fig. 3. Date moyenne où pour la première fois la profondeur de la neige est d'au moins 4 pouces (10 centimètres).

Annexe 1: Cartes

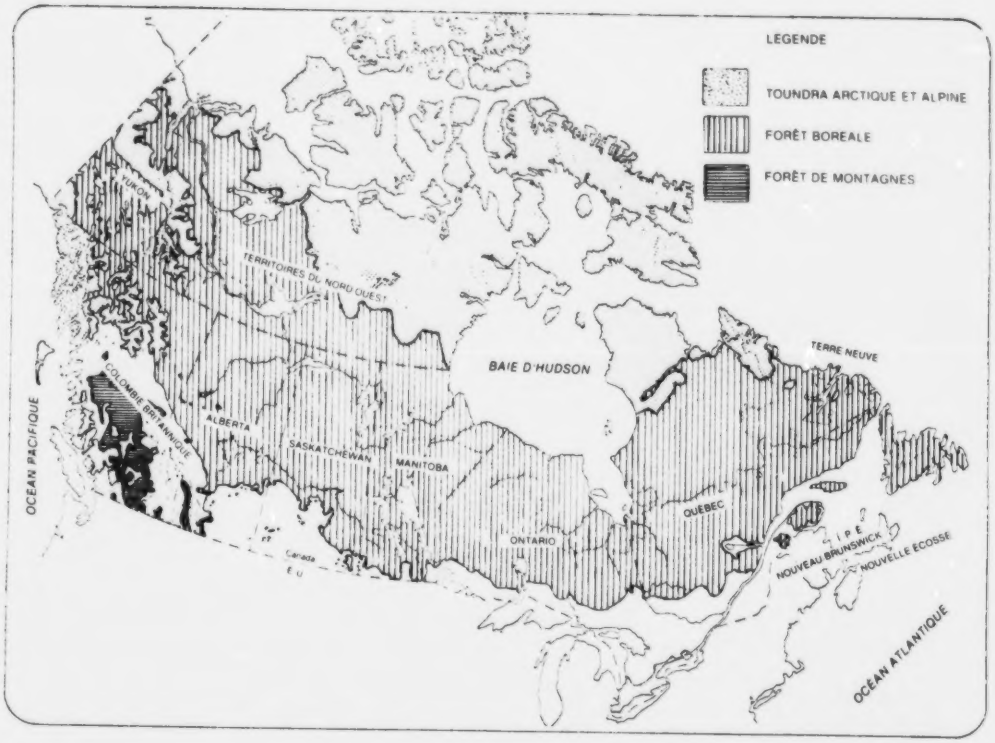


Fig. 4. Régions de végétation naturelle au Canada. (Sources: Rowe 1972)

ANNEXE 2

CAPACITÉ DE RÉSISTANCE DE LA GLACE

CAPACITÉ DE RÉSISTANCE DE LA GLACE

Les paragraphes suivants portent sur la capacité de résistance de la glace en termes d'épaisseur de la pellicule de glace, des effets des changements marqués de température et des conséquences de la durée d'une charge statique. Les usagers de la couverture de glace aux fins de transport savent que la résistance de la glace dépend également de la qualité de la glace, de la présence de crevasses, et d'autres facteurs.

On peut acquérir la connaissance de la charge à transporter de façon sécuritaire sur la glace d'une épaisseur et d'une qualité données. Cependant, comme l'indique John Denison, l'opérateur débutant peut s'avérer meilleur que l'opérateur chevronné, lorsqu'il s'agit d'évaluer l'épaisseur de la glace. Dans "Denison's Ice Road" (Iglaueur, 1975), Denison cite les paroles d'un de ses amis qui disait: ". . la seule personne qui connaisse quoi que ce soit à la glace est celle qui n'y travaille que pour la première ou la deuxième année, parce qu'elle conserve encore une certaine confiance. Plus vous avez affaire à y travailler, moins vous la connaissez."

Épaisseur de la glace

On a recours à la formule de Gold (1960), $P = Ah^2$, pour le calcul de la résistance d'une couche de glace non pas pour obtenir une mesure véritable de la résistance d'une couche de glace donnée, mais pour fixer une limite en-deça de laquelle il est peu probable que la glace cède; cette formule tient d'ailleurs compte d'un grand nombre de variables possibles dans la glace. L'application de cette formule permet de déceler un certain nombre de facteurs de sécurité dans le cas d'une couche de glace présentant des conditions inférieures à la normale. Telle quelle, cette formule offre donc une grande marge de sécurité.

Changements de températures

A mesure que la température baisse, la résistance à la compression et la résistance en flexion de la glace s'accroissent. Hansen et Linell (1956) ont enregistré les résultats d'essais au cours desquels des échantillons de glace du fleuve Saint-Laurent ont été soumis à des charges de compression, sous diverses températures. La force de compression de la glace est passée de 300 livres au pouce carré (2 100 kilopascals), à 28°F (-2°C), à 797 livres au pouce carré (5 500 kilopascals), à 2°F (-16°C). La résistance à la flexion d'autres échantillons est passée de 156 livres au pouce carré (1 080 kilopascals), sous une température de 28 à 30°F (-2 à -1°C), à 240 livres au pouce carré (1 500 kilopascals), sous une température de 14 à 16°F (-10 à -9°C).

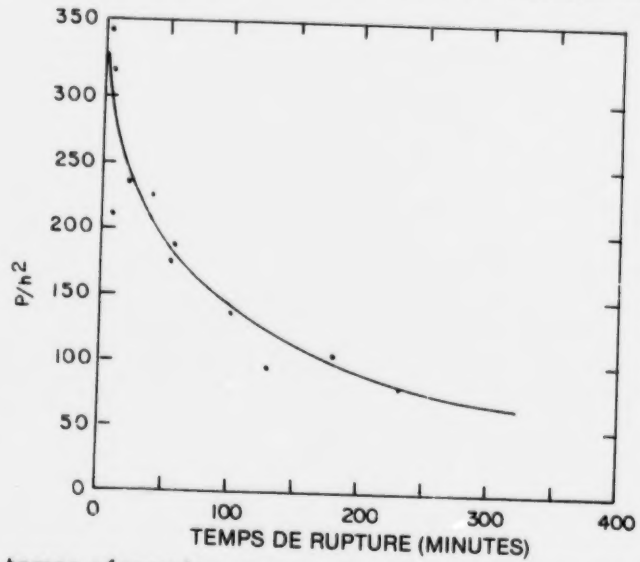
Annexe 2: Capacité de résistance de la glace

La température de la surface d'une couche de glace est généralement égale à la température de l'air se trouvant immédiatement à la surface de celle-ci, alors que la surface inférieure de cette même couche se situe à son point de fonte. Les changements de la température de l'air se transmettent lentement à travers la glace. On a observé qu'un accroissement du rythme de gel à la base d'une couche de glace présentait un décalage de quelque 8 à 10 jours par rapport à la baisse de la température de surface.

En raison de ce décalage thermique, les changements rapides de la température de l'air modifient le gradient de température d'une couche de glace. Ce facteur peut provoquer des contraintes libérées par la formation de crevasses. La glace qui ne craque pas dans ces circonstances doit être considérée comme dangereuse pour les charges lourdes car, si elle ne craque pas elle peut être affaiblie au voisinage de la crevasse latente et, pour cette raison, elle ne devrait pas être soumise à des charges normales pendant 48 heures ou plus. Après cette période de récupération, les contraintes thermiques seront libérées par la déformation de la glace et les limites de poids acceptable pourront retourner à la normale. Certains conducteurs, qui préfèrent ne pas attendre que la glace soit devenue plus stable, transportent de petites charges sur la glace pour amener la surface à se fissurer et à alléger par le fait même les contraintes, avant de traverser avec des charges plus lourdes.

Durée de l'imposition d'une charge

Plus longue est l'application d'une charge statique à la glace, plus faible est la capacité de la glace à supporter cette charge. Assur (1961) a montré cette relation pour différentes charges statiques et diverses épaisseurs de glace. Il peut être nécessaire de tenir compte, dans une certaine mesure, de cette caractéristique de la glace, dans le cas de charges ne se déplaçant que lentement, étant donné que de telles charges pourraient être considérées comme stationnaires.



Le temps nécessaire pour que la glace cède dépend de la charge: $A = p/h^2$. (Assur, 1961)

ANNEXE 3

PROPRIÉTÉS ET TRANSFORMATIONS DE LA NEIGE

PROPRIÉTÉS ET TRANSFORMATIONS DE LA NEIGE

La neige est un matériau poreux composé de cristaux de glace (les flocons de neige) et(ou) d'agglomérations de cristaux de glace ronds connus sous le nom de grains de glace. Les espaces entre les cristaux ou les grains renferment de l'air, de la vapeur d'eau, et parfois de l'eau sous forme liquide quand la neige est humide.

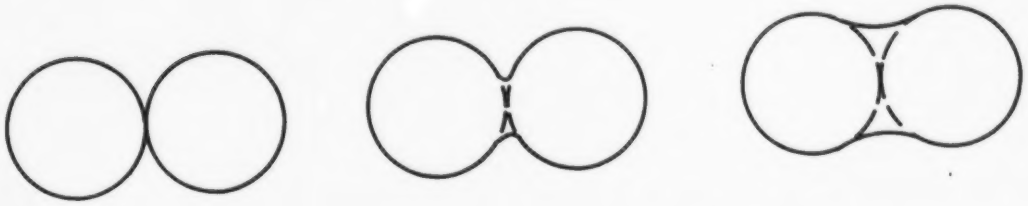
Transformations de la neige

La neige est plus qu'un matériau, c'est une matière qui se transforme. Dans son état naturel, depuis le moment où elle tombe au sol, jusqu'au moment où elle devient de l'eau de fonte, elle change continuellement sous l'effet de variables, comme le temps et la température. L'application d'une pression, que ce soit par compactage ou, naturellement, par l'accumulation de la neige, entraîne également des modifications de la neige.

Une fois que la neige est tombée, les pointes aiguës des flocons individuels s'émoussent graduellement. Les cristaux à six côtés deviennent de petits granules de glace arrondis, et les granules ou grains plus gros augmentent de volume aux dépens des plus petits, par suite d'un processus d'évaporation. Les grains de neige ont un diamètre se situant entre .02 à .04 pouce (0,5 à 1 millimètre), et comportent une ou deux petites surfaces cristallographiques. Ces grains ont tendance à se lier ensemble, en gelant. La densité de cette neige à grains fins se situe habituellement entre 9 et 16 livres par pied cube (0,15 à 0,25 gramme par centimètre cube).

Durcissement par le temps

Dans la neige tassée, les particules ont tendance à se joindre, à leurs points de contact, ce qui communique une certaine solidité à la masse de la neige. Lorsque deux grains sont contigus, le secteur de contact entre eux s'accroît même lorsque la force qui les a amenés ensemble est retirée. Ce phénomène, bien connu dans la métallurgie des poudres, s'appelle agglutination. On le désigne également par l'expression "durcissement par le temps", et il explique la pratique voulant que l'on laisse une route "se placer" pendant 24 heures, après qu'elle a été tassée.



TEMPS = t_o t_1 t_2

Représentation stylisée de l'agglutination.

Annexe 3: Propriétés et transformations de la neige

Température

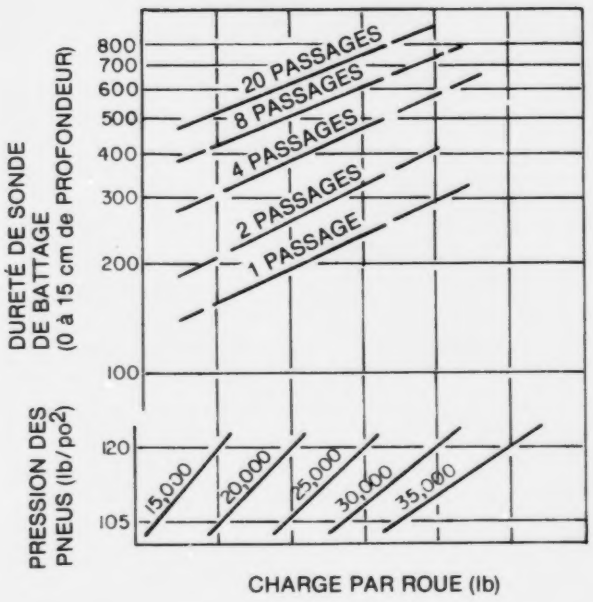
Dans la classification des matériaux, on ne considère habituellement pas la température comme une propriété. Cependant, à cause de l'effet de la température sur de nombreuses propriétés de la neige, on l'a étudiée dans les paragraphes qui suivent.

Un des aspects intéressants de la température, relativement aux routes de neige, est que, à des températures approchant 32°F (0°C), la neige perd rapidement sa dureté. Avec l'élévation de la température ambiante, les grains de glace se colent ensemble, par groupes, pour former de gros grains polycristallins dont le diamètre atteint 0.6 pouce (15 millimètres). Le lien existant entre ces gros grains est très faible, et, en moins de quelques jours, il en résulte de la neige "pourrie" bien connue à la saison de la fonte. Lorsqu'elle gèle à nouveau, cependant, la neige humide acquiert plus de solidité en raison des secteurs de contacts plus importants qui se sont formés entre les grains.

Ager (1964) a étudié l'influence de la température sur la densité et la dureté de la neige dans une gamme de températures allant de 30 à -10°F (-1 à -23°C). Il a trouvé que, pour un effort de compactage donné, les densités les plus élevées se situaient à 30°F (-1°C). C'est pourquoi il a obtenu les valeurs de dureté les plus élevées lorsque l'échantillon soumis au compactage a été refroidi à -10°F (-23°C). Dans la situation idéale sur le terrain, la neige serait soumise au compactage lorsque la température ambiante est la plus élevée possible, soit probablement à la fin de l'après-midi. La route serait alors ouverte à la circulation seulement lorsque les températures seraient descendues considérablement plus bas que le niveau de congélation et après qu'une période suffisante se soit écoulée pour permettre le durcissement de la neige par le temps.

Solidité

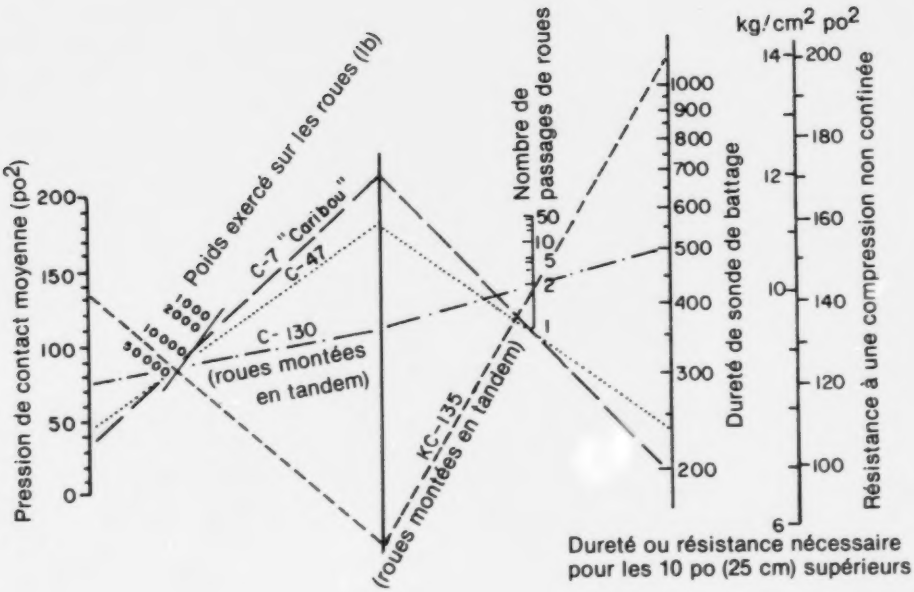
La solidité de la neige, relativement aux routes d'hiver, est indiquée par la dureté que donne la sonde de battage (voir l'annexe sur l'équipement de mise à l'essai de la neige). La dureté à la sonde de battage nécessaire pour supporter diverses charges transmises par les roues et diverses pressions de pneus, pour un nombre donné de passages de roues, a été donnée par Wuori (1962). (Le passage de roues désigne le passage d'une roue sur une surface donnée). Les valeurs de surface du graphique représentent la dureté la plus basse que l'on puisse permettre dans les 6 pouces (15 centimètres) supérieurs de la surface de neige préparée. Il existe une exigence additionnelle, soit que les couches sous-jacentes aient une dureté d'au moins 75 pour cent de celle de la couche de surface. Par exemple, une route de neige d'une dureté à la sonde de battage de 600, dans ses 6 pouces (15 centimètres) supérieurs, et de 450, dans les couches sous-jacentes, serait en mesure de supporter le passage d'un véhicule à huit roues dont la charge sur les roues serait de 25 000 livres (11 000 kilogrammes) et la pression des pneus, de 120 livres au pouce carré (830 kilopascals).



Dureté de sonde de battage nécessaire pour supporter divers poids exercés sur les roues. L'abcisse indique le poids exercé sur les roues à diverses pressions des pneus. (D'après Wuori, Résistances des pistes faites de neige traitée, CRREL, 1962).

Annexe 3: Propriétés et transformations de la neige

La dureté de sonde de battage d'une chaussée en neige a aussi été mise en corrélation avec la résistance à la compression non confinée. Clark, Abele et Wuori (1974) présentent une nomographie à laquelle la résistance à la compression non confinée est mise en relation avec diverses charges sur les roues, diverses pressions de contact et divers nombres de passages de roues. L'utilisation du pénétromètre à sonde de battage conjointement avec un nomogramme, comme celui qui apparaît dans l'illustration, facilite la vérification de la qualité au cours de la construction des chaussées en neige, de même que la surveillance du rendement, au cours de l'exploitation.



Dureté nécessaire de la chaussée en neige pour diverses conditions liées au poids des roues. On présente des exemples de l'utilisation du nomographe, pour divers avions. (D'après Clark, Abele et Wuori, Expedient Snow Airstrip Construction Technique, CRREL, 1973).

ANNEXE 4

ÉQUIPEMENT DE VÉRIFICATION DES ROUTES D'HIVER

ÉQUIPEMENT POUR LA VÉRIFICATION DES ROUTES D'HIVER

Quatre ensembles d'équipements de base servent à recueillir des données sur les routes d'hiver, aux emplacements de vérification: un ensemble de sonde de battage pour la vérification de la dureté de la neige, un ensemble de tarière-carotteuse à glace de 3 pouces (8 centimètres), un nécessaire pour l'observation de la neige et un autre pour la vérification de l'épaisseur de la glace.

Rammsonde

L'illustration montre un pénétromètre formé d'une sonde de battage à cône utilisé pour mesurer sur le terrain la dureté de la neige. Il peut être utilisé pour mesurer la dureté des couverts de neige non perturbés de même que les surfaces de neige tassées des routes et pistes d'envol en neige.

Il est formé d'un fût muni d'une extrémité conique comportant une inclinaison de 60 degrés à l'une de ses extrémités et d'un marteau-pilon reposant sur une tige de direction, à l'autre extrémité. Cet instrument sert à mesurer la dureté de la neige selon la pénétration du cône sous l'impact du marteau-pilon.

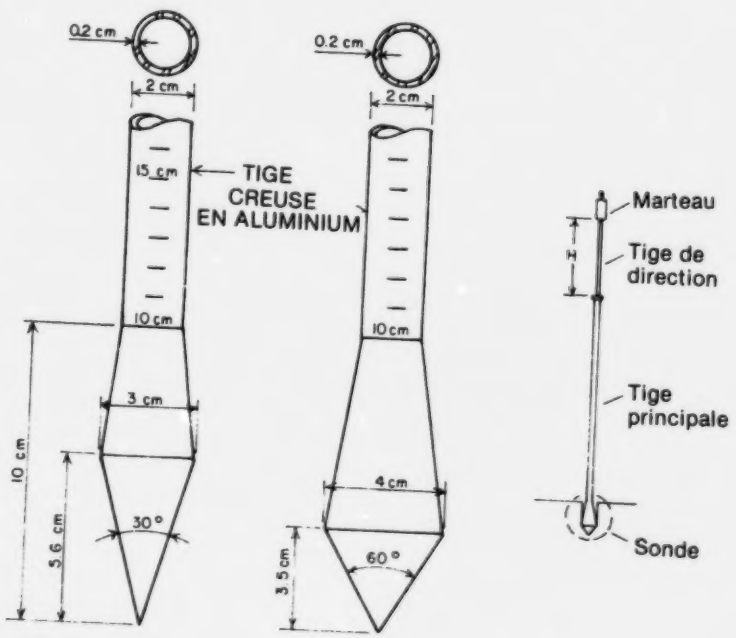
On soulève le marteau manuellement jusqu'à une certaine hauteur, que l'on peut lire en centimètres sur la tige directrice, puis on le laisse tomber librement. La profondeur de pénétration du cône se lit à partir de l'échelle graduée en centimètres sur la tige principale. La résistance à la pénétration ou la dureté de la neige peuvent être déterminées en comptant le nombre de coups nécessaires pour obtenir une certaine pénétration. Dans la neige relativement dure et homogène, il est habituellement préférable de déterminer le nombre de coups nécessaires pour pénétrer une certaine augmentation de profondeur prédéterminée. L'enregistrement du nombre de coups de marteau après l'obtention de chaque augmentation de profondeur de 5 centimètres (2 pouces)* constitue une façon de procéder appropriée couramment utilisée. Dans la neige formée de couches et dans la nouvelle neige, la façon de procéder la plus satisfaisante est d'observer le degré de pénétration, après chaque coup de marteau.

L'ensemble de sonde à battage ordinaire comprend 2 marteaux-pilons, dont l'un de 1 kilogramme (2.2 livres) et l'autre, de 3 kilogrammes (6.6 livres). La combinaison du poids de l'un de ces marteaux et de la hauteur d'où on laisse tomber le marteau, hauteur pouvant aller jusqu'à 50 centimètres (20 pouces) permet habituellement un rythme de pénétration approprié dans une grande variété de neiges. Un rythme de pénétration approprié se situe entre 1 centimètre (0.4 pouce), pour 5 coups de marteau, et 4 centimètres (1.6 pouce), pour 1 coup.

---

* Les unités métriques sont données en premier lieu, dans cette partie, parce que la tige principale du pénétromètre Rammsonde est graduée en centimètres et les poids des marteaux, en kilogrammes.

Annexe 4: Equipement pour la vérification des routes d'hiver



CÔNE EN ACIER CÔNE DE SONDE DE BATTAGE ORDINAIRE EN ALUMINIUM

Pénétromètre formé d'une sonde à battage à cone avec bouts de 60° et 30°.

Moins nombreuses sont les combinaisons de poids de marteau et de hauteur auxquelles on laisse tomber le marteau, au cours d'une série d'essais, plus commode est la réduction subséquente des données obtenues.

La dureté de sonde de battage est calculée à partir de l'équation suivante:

$$R = \frac{Whn}{X} + W + Q$$

où:

R = le nombre correspondant à la dureté "rammsonde"

W = le poids du marteau-pilon (en kilogrammes)

h = hauteur de laquelle tombe le marteau (en centimètres)

n = nombre de coups de marteau

x = pénétration obtenue après n coups (en centimètres)

Q = poids du pénétromètre (en kilogrammes)

Le nombre correspondant à la dureté "rammsonde", R, est un indice arbitraire indiquant la résistance en kilogrammes offertes par le neige à la pénétration verticale produite par l'enfoncement d'un cône de métal de dimensions données. La lecture de la dureté à une profondeur donnée, obtenue lorsque le bout du cône se trouve à cette profondeur, représente la dureté moyenne de l'augmentation réalisée au niveau de la profondeur, entre la lecture finale et la précédente.

Bien que R possède des unités exprimées en kilogrammes, la grandeur de R n'a pas d'importance véritable, si ce n'est en termes de relation.

Une des limites du pénétromètre à sonde de battage à cône de 60° est qu'on ne peut plus s'y fier comme indicateur, lorsque les valeurs de dureté dépassent 800 kilogrammes. Cet inconvénient a amené la mise au point d'un pénétromètre Rammsonde de 30° capable de pénétrer la neige plus dure.

Ensemble de tarière pour le prélèvement d'échantillons de glace

Cet instrument est une tarière mue manuellement, qui est utilisée pour obtenir des carottes de glace. Conçue pour être utilisée par un seul homme, elle rend possible l'extraction de carottes de 3 pouces (7,5 centimètres), jusqu'à une profondeur de 20 pieds (6 mètres).

Le cylindre fait entièrement en acier inoxydable servant à recueillir la carotte possède un diamètre extérieur de 4.5 pouces (11 centimètres) et une longueur totale de 36 pouces (92 centimètres). Il possède, soudée autour de sa surface extérieure, une double spirale, huit trous percés à travers sa

paroi, sur toute sa longueur, et une bride de grande dimension, disposée à son sommet et destinée à permettre le passage des produits de la coupe et la récupération de la carotte. Une tête de coupe en acier inoxydable comportant des éléments de coupe amovibles se fixe au bas du cylindre. Des rallonges permettent d'accroître la profondeur d'un forage jusqu'à environ 20 pieds (6 mètres), lorsque l'appareil n'est actionné que par un seul homme. Une tête conductrice raccorde la tarière aux rallonges et permet la récupération de la carotte extraite au sommet du cylindre.

Ensemble d'observation de la neige

Cet ensemble a été conçu dans le but de fournir des informations sur les propriétés et les particularités physiques du couvert de neige, soit son importance, sa distribution et sa variabilité. Les instruments qu'il renferme peuvent s'adapter à beaucoup de types d'études du couvert de neige.

L'ensemble complet comprend 12 tubes d'échantillonnage, chacun comportant 2 capsules de caoutchouc, contenus dans une boîte en fibre, un mandrin en forme de tube, une balance à ressort permettant les compensations, selon la température, une plaque à grille, graduée, une loupe, 6 thermomètres bi-métalliques, un couteau à neige, 2 poinçons destinés à permettre l'insertion des thermomètres, de même qu'un pénétromètre de mesure de la dureté dont l'un à haute et l'autre à faible capacité.

La densité de la neige est déterminée en insérant soigneusement dans la neige des tubes de prélèvement en acier inoxydable d'une capacité de 30 pouces cubes (500 centimètres cubes), en fermant ces tubes au moyen de leurs capsules, et en les pesant soigneusement une fois remplis sur la balance à ressort spéciale prévue à cet effet. La température est mesurée au moyen des thermomètres bi-métalliques en acier inoxydable. L'indice de dureté est déterminé par l'utilisation de pénétromètres spéciaux à pression fonctionnant par ressort permettant le montage de diverses grosseurs de disques sur l'extrémité de la tige de pression.

Ensemble de vérification de l'épaisseur de la glace

Le nécessaire de vérification de l'épaisseur de la glace a été élaboré dans le but de permettre la réalisation rapide, de façon manuelle, du perçage de la glace et de la mesure de son épaisseur. Cet ensemble permet de percer des trous d'un diamètre de 1 pouce (2,5 centimètres), dans une glace dense, avec une grande rapidité et une grande facilité. Il comporte une tarière à pas serré en acier inoxydable de 1 pouce (2,5 centimètres) de diamètre et de 37 pouces (1 mètre) de longueur. Sont aussi inclus, des rallonges graduées, une attache, et un adaptateur pour les rallonges ajoutées à la tarière de creusage.

ANNEXE 5

SÉCURITÉ, SURVIE ET RÉCUPÉRATION DE L'ÉQUIPEMENT

SÉCURITÉ, SURVIE ET RÉCUPÉRATION DE L'ÉQUIPEMENT

Il existe un risque inhérent aux routes d'hiver passant sur des lacs et des rivières, c'est que la glace peut céder. Les pertes de vies et d'équipements constituent donc un danger toujours présent.

La vérification et la surveillance des conditions de la glace, liées à des facteurs de sécurité acceptables, constituent les principales méthodes de prévention. Cependant, même avec une bonne vérification et une bonne surveillance, des accidents peuvent tout de même se produire.

Le personnel qui vérifie la glace, tôt dans l'année, alors que la glace est mince, devrait travailler en groupes d'au moins deux personnes. Ces deux personnes devraient éviter de marcher l'une près de l'autre, et l'une d'elle sinon les deux devrait être munie d'une corde de sécurité. Si un membre d'un groupe enfonce dans la glace, on doit lui tendre une corde ou une perche ou, le cas échéant, un morceau de vêtement; le sauveteur doit cependant s'étendre à plat sur la glace, pour ce faire. La glace étant mince, dans le voisinage de la brisure, il peut être nécessaire à la victime de casser la glace jusqu'à un endroit où elle est plus épaisse. La victime doit alors se hisser lentement sur la glace jusqu'à ce que la partie supérieure de son corps repose à plat sur celle-ci. Elle doit alors avancer lentement en se glissant et remonter lentement les cuisses et les jambes sur la couche de glace. Le sauveteur doit pour sa part se glisser à reculons, en gardant en tout temps la plus grande distance possible entre lui-même et la victime qui doit s'éloigner de plusieurs pieds de l'endroit du bris de la glace.

La survie après une chute à travers la glace peut s'avérer difficile. Il est donc important de faire preuve de prévoyance, à la lumière des difficultés éventuelles. Tout le personnel doit donc porter sur soi des allumettes enfermées dans un contenant hydrofuge. Des vêtements et des sacs de couchage additionnels peuvent aussi s'avérer d'une valeur incalculable.

Le fait de savoir quoi faire et à quoi s'attendre, lorsqu'un véhicule passe à travers la glace améliore grandement les chances de survie d'un individu. Les conducteurs doivent élaborer mentalement un plan de survie. Ils doivent également comprendre que leur premier devoir est de se sauver eux-mêmes, et non leurs véhicules.

Une fois qu'un véhicule a commencé à s'enfoncer, il n'est pas possible de le sauver en demeurant au volant. La plupart des véhicules sur pneumatiques ne passent pas à travers la glace sur-le-champ: le conducteur a donc habituellement suffisamment de temps pour sauter hors du véhicule et se mettre en sécurité. Les véhicules lourds, cependant, passent à travers la glace plus rapidement. Mais dans leur cas, il est possible d'en sortir, même si le véhicule est sous l'eau. Si le conducteur s'est enfoncé avec le véhicule, il va descendre rapidement jusqu'à ce qu'il ait pu se dégager de la succion. Une fois libre, il doit chercher la lumière du jour passant à travers l'ouverture indiquant l'endroit où le véhicule a défoncé. S'il est désorienté, il peut laisser échapper

un peu d'air et suivre le chemin parcouru par les bulles. Les personnes se trouvant à la surface doivent faire briller une lumière à travers l'ouverture, qui agira comme guide. Une fois parvenu à l'endroit où a enfoncé le véhicule, la victime doit procéder de la façon décrite pour les chutes à travers la glace survenues alors qu'on était à pied.

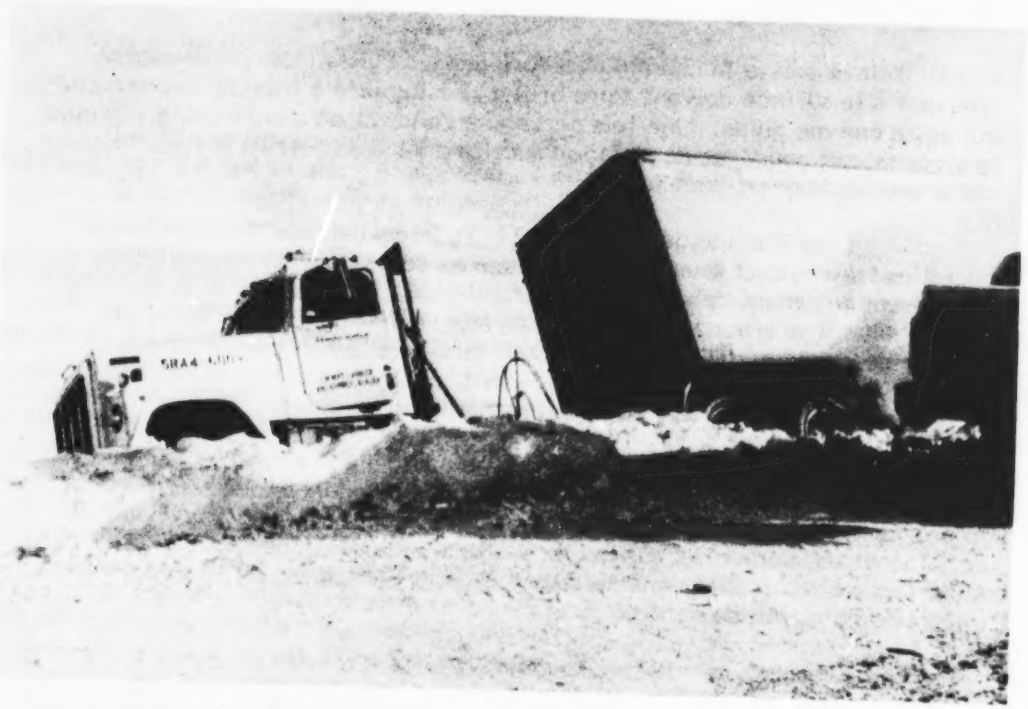
Lors d'un incident (Iglauer 1975), le conducteur d'un tracteur à chenilles traversa sur une couche de glace de seulement 14 pouces (35 centimètres) d'épaisseur se tenant debout sur le marche-pied, prêt à sauter si la machine s'enfonçait. Il se trouva cependant sous l'eau avant qu'il ait pu se rendre compte de ce qui arrivait. La succion le tira vers le bas jusqu'à ce que le tracteur à chenilles ait cessé de descendre. Puis l'eau déplacée remonta en le poussant à la surface, où il put se hisser sur la glace.

Il se peut que la glace retourne parfois à la position originale, après un enfoncement, refermant l'ouverture et bloquant toute issue. Pour se protéger d'une telle éventualité, certains conducteurs ont pris l'habitude de "traîner derrière eux", sur la glace, des pièces d'équipement de dimensions importantes, en les dirigeant derrière eux, à une distance de plusieurs verges (mètres), au moyen de cordes.

Une fois qu'un véhicule s'est enfoncé à travers la glace, il est important à ceux qui sont en surface de se tenir suffisamment loin de l'ouverture, en particulier au volant d'autres véhicules. La plus grosse erreur dans un tel cas, est d'entreprendre le travail de récupération sur-le-champ. L'équipement se trouvant sous l'eau ne rouillera pas en quelques jours ou quelques semaines. Il n'est donc pas important de le récupérer immédiatement.

(Department of Northern Saskatchewan)

Annexe 5: Sécurité, survie et récupération de l'équipement



Un tel incident se produit fréquemment sur les routes d'hiver.
(K.M. Adam)

La lame a empêché cette niveleuse de s'enfoncer à travers la glace.
(Department of Northern Saskatchewan)

Annexe 5: Sécurité, survie et récupération de l'équipement

Il arrive des accidents lorsque l'on tente de procéder trop tôt à la récupération, des accidents même fatals, comme il en est arrivé récemment, lors de l'enfoncement à travers la glace d'une automobile. Le conducteur a survécu, est allé chercher de l'aide, et est retourné immédiatement sur les lieux avec une dépanneuse, qui elle aussi s'est enfoncée dans la glace. Le conducteur du camion a pu sauter et se mettre en sécurité; le conducteur de l'automobile initial, cependant, qui se trouvait dans la cabine de la dépanneuse, n'a pas réussi à sortir à temps.

Une fois qu'un véhicule a défoncé la glace, laissez-le là, jusqu'à ce que la glace ait épaissi naturellement. Le phénomène de l'épaississement peut être accéléré en déblayant la neige autour de l'ouverture, à la main ou au moyen d'un véhicule léger. Une fois que la glace a épaissi, on peut construire une cale de support de travail en pompant de l'eau à la surface, en couches de 2 pouces (5 centimètres), comme dans le cas de la construction des ponts de glace. Il est recommandé d'utiliser, pour la récupération, une grue assez longue pour atteindre le milieu de l'ouverture, à partir de la cale de support de travail.

Le système de récupération proposé et l'épaisseur de la glace doivent être vérifiés par un ingénieur professionnel, avant que l'on ne tente d'effectuer la récupération. La glace doit également être vérifiée pour voir si elle ne comporte pas de crevasses. On doit également, au besoin, limiter les chargements.

Les écritaux constituent une partie importante des programmes de sécurité. (K.M. Adam)

ANNEXE 6

PERSONNES RENCONTRÉES OU INTERVIEWÉES

PERSONNES RENCONTRÉES OU INTERVIEWÉES

Mr. Gunar Abele
Cold Regions Research
and Engineering Laboratory
Hanover, New Hampshire

Mr. Bruce Adamson
Ministry of National Resources
Thunder Bay, Ontario

Alberta Dept. of Environment
Edmonton, Alberta

Alyeska Pipeline Service Co.
Anchorage, Alaska

Amoco Canada Petroleum Co. Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Paul Amyot
Hydro-Quebec
Montreal, Quebec

Mr. G.R. Appleton
Canadian Arctic Gas Study Ltd.
Calgary, Alberta

Arctic Institute of North America
Calgary, Alberta

Arctic Petroleum Operators Assoc.
Calgary, Alberta

Mr. George Armstrong
Ft. Francis, Ontario

Mr. Gilbert Aubin
Domtar Woodlands Ltd.
Deolbeau, Quebec

Mr. Ken Baker
Government of Yukon Territory
Whitehorse, Yukon

Mr. Ken Baker
McMillan Construction
Inuvik, N.W.T.

Mr. Vern Bannerman
Dept. of Northern Saskatchewan
Prince Albert, Saskatchewan

Mr. Ed Barrie
Ontario Dept. Highways
Cochrane, Ontario

Beattie Contractors Ltd.
Inuvik, N.W.T.

Mr. Tom Beck
Aquitaine Company of Canada
Calgary, Alberta

Mr. John Becker
Dept. of Highways
Douglas, Alaska

Mr. Jean Bélanger
Réal Ste-Marie Ltée
Montréal, Québec

Mr. D.A. Beliveau
Saskatchewan Dept. of Highways
Regina, Saskatchewan

Mr. Carl Benke
Shell Canada Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Basil Benson
Ministry of Natural Resources
Toronto, Ontario

Dr. Carl E. Benson
University of Alaska
Fairbanks, Alaska

Mr. Jim Bentley
Dept. of Highways
Yellowknife, N.W.T.

Mr. Y. Bergevin
F.A. (Canada) Tucker Ltd.
Montreal, P.Q.

Mr. J.P. Betteridge
Imperial Oil Limited
Inuvik, N.W.T.

Mr. Ivan Bishko
Northern Geophysical Ltd.
Calgary, Alberta

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Dr. Larry Bliss
University of Alberta
Edmonton, Alberta

Mr. Fred Boness
Dept. of Law
Juneau, Alaska

Mr. Carl Bonke
Shell Oil Limited
Calgary, Alberta

Mr. Ted Boodle
Dept. of Forestry
Inuvik, N.W.T.

Ken Borek Limited
Dawson Creek, B.C.

Mr. Clive Boyd
General Enterprises
Whitehorse, Yukon

B.P. Oil and Gas Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. W.R. Bradette
M.J. Labelle Co. Ltd.
Cochrane, Ontario

Mr. Gene Bretton
Dept. of Indian Affairs and
Northern Development
Sioux Lookout, Ontario

Dr. Max C. Brewer
Husky Oil
Anchorage, Alaska

Dr. M.E. (Max) Britton
Arlington, Virginia

Brock Construction
Swimming Point, N.W.T.

Dr. Jerry Brown
Cold Regions Research and
Engineering Laboratory
Hanover, New Hampshire

Dr. Roger Brown
National Research Council
Ottawa, Ontario

Mr. Alexander Buchanan
Spruce Falls Power and Paper
Kapuskasing, Ontario

Mr. Mark Buckley
Alaska Dept. of Fish and Game
Anchorage, Alaska

Mr. John Burnett
Bureau of Land Management
Anchorage, Alaska

Mr. G.R. Burt
University of Alaska
College, Alaska

Byers Transport
Yellowknife, N.W.T.

Mr. Keith Byran
General Enterprises
Whitehorse, Yukon

Mr. G. Campbell
North Star Service & Const. Ltd.
Inuvik, N.W.T.

Mr. L. Cardinal
Cardinal Transport Ltd.
Inuvik, N.W.T.

Mr. J. Carpenter,
Northwest Lands and Forest
Service
Inuvik, N.W.T.

Mr. Allan Carson
Joint Fish/Wildlife Advisory Team
Anchorage, Alaska

Mr. G. Caron
Bannister Pipelines
Edmonton, Alberta

Mr. William L. Clithero
U.S. Dept. of the Interior
Fairbanks, Alaska

Mr. Jim Coan
U.S. Dept. of the Interior
Anchorage, Alaska

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Mr. Grant Conlin
Dept. of Northern Saskatchewan
Prince Albert, Saskatchewan

Mr. Jim M. Collins
Winnipeg, Manitoba

Mr. J. Corej
BG Checo Engineering Ltd.
Montreal, P.Q.

Mr. Joe Costa
Dept. of Northern Saskatchewan
Prince Albert, Saskatchewan

Mr. Chris Cuddy
Dept. of Indian Affairs and
Northern Development
Yellowknife, N.W.T.

Mr. R.W. Culley
Dept. of Highways
Regina, Saskatchewan

Mr. H.J. Brian Curran
Environment Canada
Hull, Quebec

Mr. Lorne Dalke
Chetwynd Forest Industries Ltd.
Chetwynd, B.C.

Mr. N.R. Dawson
F.A. (Canada) Tucker Ltd.
Montreal, P.Q.

Mr. R. Davies
Dept. of Public Works
Whitehorse, Yukon

Mr. M. Thomas Dean
Bureau of Land Management
Fairbanks, Alaska

Mr. John Denison
c/o Robinson's Trucking
Yellowknife, N.W.T.

Mr. Jerry Desourdy
Desourdy Construction
St. Hubert, Québec

Mr. Don Dickson
Ontario-Minnesota Pulp
and Paper
Kenora, Ontario

Mr. V. Dirk
Bannister Pipelines
Edmonton, Alberta

Mr. Al Diteman
Forestry Dept. Alberta
Government
Edmonton, Alberta

Mr. Lee Doran
Polar Gas
Toronto, Ontario

Mr. Murray Drope
Northern Engineering Services
Calgary, Alberta

Dr. Marc Drouin
James Bay Energy Corp.
Montreal, Québec

Mr. Fleming Einfeldt
Netherlands Overlands
Prince George, B.C.

Mr. Lance G. Elphic
Dept. of Environmental
Conservation
Juneau, Alaska

Mr. L. Emard
c/o Borek Construction
Dawson Creek, B.C.

Estabrook Construction Ltd.
Grimshaw, Alberta

Mr. Harold Evenson
Northwest Wood Preserves
Dawson Creek, B.C.

Dr. Kaye Everett
Ohio State University
Columbis, Ohio

Falcon Transport Ltd.
Edmonton, Alberta

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Mr. Dale Fickenger
Pancana Industries Ltd.
Calgary, Alberta

Foothills Pipe Lines Ltd.
Calgary, Alberta

Dr. Karl Francis
Alaskan Arctic Study Ltd.
Anchorage, Alaska

Dr. R. Frederking
National Research Council
Ottawa, Ontario

Mr. Ken Fulton
Public Works of Canada
Toronto, Ontario

Dr. H. William Gabriel
Bureau of Land Management
Anchorage, Alaska

Mr. Harry Gairns
Industrial Forestry Service Ltd.
Prince George, B.C.

Mr. Armand Garneau
Ministry of Transport
Hauterive, Quebec

Mr. Jon Globig
Alyeska Pipeline Service Co.
Anchorage, Alaska

Dr. Lorne Gold
National Research Council
Ottawa, Ontario

Goodsec Construction
Hay River, N.W.T.

Mr. Louis Goulet
St. Lawrence Construction
Co. Ltd.
Beaufort, Quebec

Mr. Eric Gourdeau
Quebec City, Quebec

Gulf Oil Canada Ltd.
Inuvik, N.W.T.

Mr. Jake Gunther
Northwood Pulp and Paper Co.
Prince George, B.C.

Mr. Jim Guthrie
Gulf Oil Canada Ltd.
Inuvik, N.W.T.

Mr. John Halkowich
Dept. of Northern Affairs
Hole River, Manitoba

Mr. Dick Hamilton
Alaska Dept. of Highways
Juneau (Douglas), Alaska

Mr. Bill Hanna
Public Works of Canada
Toronto, Ontario

Mr. Frank Harrison
Reed Paper Ltd.
Dryden, Ontario

Mr. A.K. Hartnett
Ministry of Natural Resource
Toronto, Ontario

Mr. Roy Hatch
Northwood Pulp and Paper Co.
Prince George, B.C.

Mr. J.W. Hawryzsko
Transport Canada
Ottawa, Ontario

Mr. James E. Hemming
Joint Fish/Wildlife
Advisory Team
Anchorage, Alaska

Mr. R.A. Hemstock
Canadian Arctic Gas Study Ltd.
Calgary, Alberta

Dr. L. Hettinger
R.M. Hardy and Associates
Calgary, Alberta

Mr. Ford Hewlitt
Springdale, Newfoundland

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Mr. G.R. Higginson
Environment Protection Service
Ottawa, Ontario

Mr. R.M. Hill
Inuvik Research Laboratory
Inuvik, N.W.T.

Mr. Hilliker
Domtar Woodlands Ltd.
Quevillon, Quebec

Mr. Robert W. Huck
Office of the Pipeline
Co-ordinator
Anchorage, Alaska

John Hudson
Dept. of Public Works Canada
Whitehorse, Yukon

Imperial Oil Limited
Inuvik, N.W.T.

Mr. Paul Jarvis
Unies Ltd.
Winnipeg, Manitoba

Mr. J. Jackson
Dept. of Transportation
Wickham, New Brunswick

Mr. Jackie H. Johnson
Clearwater Lake, Manitoba

Mr. Jan Johnson
Cardinal Trucking
Inuvik, N.W.T.

Mr. Philip Johnson
Cold Regions Research and
Engineering Laboratory
Fairbanks, Alaska

Mr. R. Johnson
Bowater Newfoundland
Cornerbrook, Newfoundland

Dr. G.H. Johnston
National Research Council
Ottawa, Ontario

Kaps Transport Ltd.
Hay River, N.W.T.

Keen Industries Ltd.
Fort Simpson, N.W.T.

Mr.Bob Keen
Keen Industries Ltd.
Edmonton, Alberta

Kenaston Contractors Ltd.
Inuvik, N.W.T.

Mr. K.E. Kepke
Dept. of Indian Affairs and
Northern Development
Ottawa, Ontario

Mr. Jim Kerr
Brock Construction
Edmonton, Alberta

Mr. Don Keyes
Dept. of the Interior
Anchorage, Alaska

Mr. Richard Knowles
Atlantic Richfield Company
Anchorage, Alaska

Mr. Bill Kuzemchuk
Ministry of Natural Resources
Sioux Lookout, Ontario

Prof. B. Ladanyi
Ecole Polytechnic
Montreal, Quebec

Mr. W. Victor Lancaster
Canadair Flextrac Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Howard Leslie
Panarctic Oils Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Dale Longlitz
Dept. of Indian Affairs and
Northern Development
Yellowknife, N.W.T.

Dr. Fred Lotspeich
University of Alaska
Fairbanks, Alaska

Mr. Warner Loven
Western Geophysical
Calgary, Alberta

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Mr. Daun Lowther
Dept. of Northern Affairs
Thompson, Manitoba

Dr. Ross MacKay
University of British Columbia
Vancouver, B.C.

MacMillan Const. Peace River Ltd.
Peace River, Alberta

Mr. Bruce MacNicol
B.C. Forest Products Ltd.
Mackenzie, B.C.

Mr. D. Manual
Dept. of Transportation
Chipman, New Brunswick

Mr. Lynn Marcellus
Ontario Dept. of Highways
Kenora, Ontario

Mr. Michael McArthur
Bailey Bridge and Pitts Associates Ltd.
Vancouver, B.C.

Mr. Jeffrey McGrath
Les Constructions du St-Laurent Ltée
Beauport, Québec

Mr. R.D. McKelvie
Price Newfoundland
Grand Falls, Newfoundland

Mr. J.D. (Doug) McMillan
Dept. of Highways
Prince Albert, Saskatchewan

Dr. B. Michel
Laval University
Montréal, Québec

Mr. Lorne Milbourn
Borek Construction
Dawson Creek, B.C.

Mr. Cliff Miller
Imperial Oil Ltd.
Edmonton, Alberta

Mr. Gary Milke
Alaska Dept. of Fish and Game
Fairbanks, Alaska

Mr. David Mowbray
Gulf Oil Canada Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. D.V. Myles
Environment Canada
Ottawa, Ontario

Mr. Murray Orbanski
M.J. Orbanski Construction
Riverton, Manitoba

Mr. John D. Ostrick
Inuvik Research Laboratory
Inuvik, N.W.T.

Mr. Jean-Louis Parent
Consolidated-Bathurst Ltd.
Grand'Mère, Québec

Mr. Walter B. Parker
Federal-State Land Use Planning Commission for Alaska
Anchorage, Alaska

Mr. Vladimir Pasicnyk
Takla Logging Company Ltd.
Prince George, B.C.

Mr. Bill Patterson
A.D.I. Limited
Fredicton, New Brunswick

Mr. R. Pelley
Dept. of Forestry and Agriculture
Pleasantville, Newfoundland

Mr. Milton Penttila
Kimberly-Clark of Canada Ltd.
Longlac, Ontario

Mr. Perron
Consolidated-Bathurst Ltd.
Grand-Mère, Quebec

Mr. Perry Pike
Abitibi Paper Co. Ltd.
Iroquois Falls, Ontario

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Mr. Don Propp
Northern Geophysical Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Bill Quirk
Western Geophysical
Calgary, Alberta

Mr. J.R. Radforth
Venture Technical Services
Bracebridge, Ontario

Mr. N.W. Radforth
Radforth and Associates
Fredericton, New Brunswick

Mr. Bill Rainney
Ontario Dept. of Highways
Thunder Bay, Ontario

Mr. Doug Readman
Tower Trucking
Edmonton, Alberta

Reed Paper Company
Forestville, Quebec

Mr. Gerry Rempel
Imperial Oil Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Ron Richardson
Chevron Standard
Calgary, Alberta

Mr. Dick Robinson
Robinson's Trucking
Yellowknife, N.W.T.

Mr. R. Rollefson
Dept. of Indian Affairs and
Northern Development
Yellowknife, N.W.T.

Mr. J. Routledge
Mobil Oil
Edmonton, Alberta

Mr. W.H.D. Rowan
MHTR
Guelph, Ontario

Mr. John Rymen
J.E. Rymen Engineering
Calgary, Alberta

Mr. W.N. (Bill) Sanregret
Indian and Northern Affairs
Whitehorse, Yukon

Mr. David O. Scott, Jr.
Bureau of Land Management
Fairbanks, Alaska

Mr. Bob Seeiran
Ontario Dept. of Highways
Kenora, Ontario

Mr. B.E. Seppala
Dept. of Northern Affairs
Province of Manitoba
Thompson, Manitoba

Mr. Mickey L. Sexton
Atlantic Richfield Company
Anchorage, Alaska

Shell Oil Canada Ltd.
Inuvik, N.W.T.

Mr. Tom Sigfusson
Sigfusson Transportation
Winnipeg, Manitoba

Mr. Ross Silverside
Forest Management Institute
Ottawa, Ontario

Mr. Nelson Skidmore
Ontario Dept. of Highways
Cochrane, Ontario

Mr. Otto Slavik
Netherlands Overseas
Prince George, B.C.

Mr. Bob Smiley
Transportation Division, DIAND
Ottawa, Ontario

Mr. W.N. Sorensen
Alyeska Pipeline Service
Company
Anchorage, Alaska

Mr. K. St. George
Bowater Newfoundland Ltd.
Cornerbrook, Newfoundland

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Mr. John H. Stephenson
Bureau of Land Management
Fairbanks, Alaska

Mr. Gerald Stuart
Energy and Natural Resources
Edmonton, Alberta

Mr. Dave Sturdevant
Environmental Conservation
Juneau, Alaska

Mr. John Tait
Abitibi-Price Co. Ltd.
Toronto, Ontario

Mr. Hugh Taylor
Dept. of Forestry
Hay River, N.W.T.

Mr. Roy Taylor
Acrow Canada Limited
Vancouver, B.C.

Mr. Jack Thompson
Canfor
Chetwynd, B.C.

Mr. Kip Thompson
Ilford, Manitoba

Mr. Roy Thurm
Northern Engineering Services
Calgary, Alberta

Mr. A. Tink
Mobil Oil
Edmonton, Alberta

Mr. A.B. Thompkins
Thompkins Contracting
Fort St. John, B.C.

Mr. Al Townsend
Joint Fish/Wildlife Advisory Team
Fairbanks, Alaska

Mr. James K. Trimble
Alaska Arctic Gas Pipeline
Anchorage, Alaska

Mr. W.R. Tuer
Dept. of Highways and
Transportation
Regina, Saskatchewan

Mr. Turner
Dept. of the Interior
Anchorage, Alaska

Mr. A.G. Turnock
Imperial Oil Ltd.
Edmonton, Alberta

Mr. M.J. Wagner
Bannister Pipelines
Edmonton, Alaska

Mr. Tom Watmore
Imperial Oil Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Lloyd Webber
Netherlands Overseas
Prince George, B.C.

Dr. R.B. Weeden
Office of the Governor
Juneau, Alaska

Dr. Warren Weikert
Cold Regions Research and
Engineering Laboratory
Hanover, New Hampshire

Dr. Ross W. Wein
Department of Biology
University of New Brunswick
Fredericton, New Brunswick

Mr. G.L. Williams
Williams Brothers Canada Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Don Wilson
Reed Paper Ltd.
Dryden, Ontario

Mr. R.G. (Bob) Wilson
Imperial Oil Ltd.
Edmonton, Alberta

Mr. T. Murray Wilson
Imperial Oil Ltd.
Calgary, Alberta

Mr. Cliff Wolfe
Dept. of Indian Affairs and
Northern Development
Ottawa, Ontario

Annexe 6: Personnes rencontrées ou interviewées

Woodlands Dept.
Spruce Falls Pulp and Paper Co.
Kapuskasing, Ontario

Mr. Al Wright
Government of the Yukon
Territory
Whitehorse, Yukon

Mr. Carl Yanagawa
Joint Fish/Wildlife Advisory
Team
Anchorage, Alaska

Dr. G.A. Yarranton
Dept. of Indian Affairs and
Northern Development
Ottawa, Ontario

Dr. W.E. Younkin
Northern Engineering Services
Calgary, Alberta